


PATENT APPLICATION COVER SHEET
Attorney Docket No. 1324.70004

I hereby certify that this paper is being deposited with the United States Postal Service as EXPRESS MAIL in an envelope addressed to: MS Patent Application, Commissioner for Patents, Alexandria, VA 22313-1450, on this date.

03/09/04
Date


Express Mail No. EV032736794US

LIQUID CRYSTAL DISPLAY AND
METHOD OF MANUFACTURING THE SAME

INVENTORS:

Takashi SASABAYASHI
Arihiro TAKEDA
Hiroyasu INOUE
Kazuya UEDA
Yoshio KOIKE
Hideaki TSUDA
Yasutoshi TASAKA
Hidefumi YOSHIDA
Kunihiro TASHIRO
Tsuyoshi KAMADA
Kimiaki NAKAMURA

GREER, BURNS & CRAIN, LTD.
300 South Wacker Drive
Suite 2500
Chicago, Illinois 60606
Telephone: 312.360.0080
Facsimile: 312.360.9315
CUSTOMER NO. 24978

LIQUID CRYSTAL DISPLAY AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME

BACKGROUND OF THE INVENTION

1. Field of the Invention

本発明は、電子機器等の表示部として用いられる液晶表示装置及びその製造方法に関し、特に、優れた視野角特性を有するMVA方式の液晶表示装置及びその製造方法に関する。

2. Description of the Related Art

近年、液晶表示装置は薄型かつ軽量、低電圧駆動、低消費電力といった特徴を活かし、様々な用途に広く用いられている。また液晶表示装置は、CRTに匹敵するほどの表示特性が実現され、従来CRTが主流であったモニタやテレビ受像機などの用途にも用いられるようになってきている。

現在実用化されている液晶表示装置のうち、CRTに匹敵する高い表示特性を示す方式の1つにMVA (Multi-domain Vertical Alignment) がある。MVA方式の液晶表示装置 (以下、「MVA-LCD」という) では、電圧無印加時の液晶分子は、基板面に対してほぼ垂直に配向する。また、電圧印加時の液晶分子は、基板面に形成された配向規制用構造物により規制された所定の方位に傾斜する。配向規制用構造物には、突起や窪み、あるいは電極の抜き (スリット) 等がある。

図37は、一般的なMVA-LCDの3画素分の構成を示している。図37に示すように、対向配置された一对の基板上には、誘電体からなるジグザグ状の線状突起1102、1104がそれぞれ形成されている。一方の基板上に形成された線状突起1102と、他方の基板上に形成された線状突起1104とは、交互に配置されている。これにより、液晶に電圧を印加したときには、領域A、B、C、Dでそれぞれ異なる方位に液晶分子が傾斜する。1画素内の液晶分子は、各領域A～Dでほぼ90°ずつ異なる4つの方位に傾斜し、4ドメインの配向が得られている。

【特許文献1】特開2000-356773号公報

【特許文献2】特開2002-357830号公報

【特許文献3】特許第2947350号明細書

【特許文献4】特開平11-242225号公報

図38Aは、図37に示すMVA-LCDの透過率-電圧特性（T-V特性）を示すグラフである。横軸は液晶への印加電圧（V）を表し、縦軸は光の透過率（%）を表している。グラフ中の線X1は表示画面に垂直な方向（以下、「正面方向」という）でのT-V特性を示し、線X2は表示画面上方に極角60°の方向（以下、「斜め方向」という）でのT-V特性を示している。ここで、極角とは表示画面に立てた垂線となす角である。MVA-LCDの表示モードは、液晶への印加電圧（絶対値）を低下させて黒を表示させ、印加電圧を上昇させて白を表示させるノーマリブラックモードである。図38Aに示すように、閾値電圧を超える付近の電圧（約2.2～2.9V）が印加されたときには、正面方向に比べて斜め方向の透過率が大きい。

図38Bは、図38Aに示すグラフの閾値電圧付近を拡大して示している。図38Bに示すように、例えば正面方向で0.2%の透過率が得られる電圧（約2.3V）を印加したとき、斜め方向での透過率は図中の矢印のように2.5%近くまで上昇してしまう。特に、閾値電圧をわずかに超える電圧を印加した状態では、透過率自体の値が小さいため、正面方向での透過率に対する斜め方向での透過率の上昇が顕著になってしまう。このため、階調視角特性が低下し、中間調で表示された表示画像が、斜め方向からは白っぽく見えてしまうという問題が生じる。この現象は、MVA-LCDの表示品質を低下させる一因であり、改善が望まれている。

SUMMARY OF THE INVENTION

本発明の目的は、良好な視野角特性の得られる液晶表示装置及びその製造方法を提供することにある。

上記目的は、対向配置された一対の基板と、前記一対の基板間に封止された液

晶と、前記一対の基板の少なくとも一方に形成され、前記液晶を配向規制する配向規制用構造物と、前記配向規制用構造物が第 1 の配置間隔で配置され、前記液晶が駆動される第 1 の閾値電圧を有する第 1 の領域と、前記配向規制用構造物が前記第 1 の配置間隔より狭い第 2 の配置間隔で配置され、前記第 1 の閾値電圧より低い第 2 の閾値電圧を有する第 2 の領域とを共に備えた複数の画素領域とを有することを特徴とする液晶表示装置によって達成される。

以上の通り、本発明によれば、良好な視野角特性の得られる液晶表示装置を実現できる。

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

図 1 A 及び図 1 B は、本発明の第 1 の実施の形態による液晶表示装置の T－V 特性を示すグラフである。

図 2 は、本発明の第 1 の実施の形態による液晶表示装置の概略構成を示している。

図 3 は、MVA－LCD の構成を示す断面図である。

図 4 は、MVA－LCD の T－V 特性を示すグラフである。

図 5 A 乃至図 5 F は、配向規制用構造物の配置パターンの例を示している。

図 6 は、画素内の突起の配置を示す断面図である。

図 7 は、画素内の突起を基板面に垂直方向に見た配置を示している。

図 8 は、図 8 は、図 6 に示す構成での T－V 特性と、図 7 に示す構成での T－V 特性とを比較するグラフである。

図 9 は、本発明の第 1 の実施の形態の実施例 1－1 による液晶表示装置の構成を示している。

図 1 0 は、本発明の第 1 の実施の形態の実施例 1－2 による液晶表示装置の構成を示している。

図 1 1 は、本発明の第 1 の実施の形態の実施例 1－3 による液晶表示装置の構成を示している。

図 1 2 は、本発明の第 2 の実施の形態による液晶表示装置の構成を示す断面図

である。

図 1 3 は、本発明の第 2 の実施の形態による液晶表示装置の T－V 特性を示すグラフである。

図 1 4 は、本発明の第 2 の実施の形態による液晶表示装置の他の構成を示す断面図である。

図 1 5 A 乃至図 1 5 F は、従来の液晶表示装置の製造方法を示す工程断面図である。

図 1 6 A 乃至図 1 6 C は、本発明の第 2 の実施の形態による液晶表示装置の製造方法を示す工程断面図である。

図 1 7 A 乃至図 1 7 C は、配向制御層が形成される流れを示す断面図である。

図 1 8 A 及び図 1 8 B は、1 画素内にアンカリングエネルギーの異なる配向制御層を形成する方法を示す断面図である。

図 1 9 は、1 画素内にアンカリングエネルギーの異なる配向制御層を形成する方法の他の例を示す断面図である。

図 2 0 は、1 画素内にアンカリングエネルギーの異なる配向制御層を形成する方法のさらに他の例を示す断面図である。

図 2 1 は、T－V 曲線の光照射量依存性を示すグラフである。

図 2 2 は、光開始材を使用した場合における T－V 特性の光照射量依存性を示すグラフである。

図 2 3 は、本発明の第 2 の実施の形態による液晶表示装置の製造方法により作製された液晶表示装置の構成を示す断面図である。

図 2 4 は、本発明の第 2 の実施の形態による液晶表示装置の製造方法により作製された液晶表示装置の構成を示す断面図である。

図 2 5 は、本発明の第 2 の実施の形態による液晶表示装置の製造方法により作製された液晶表示装置の構成を示す断面図である。

図 2 6 は、本発明の第 2 の実施の形態による液晶表示装置の製造方法により作製された液晶表示装置の構成を示す断面図である。

図 2 7 は、配向制御層を形成した領域の T－V 特性と、垂直配向膜を形成した領域の T－V 特性とを示すグラフである。

図 28 は、MVA-LCD の模式的な断面構成を示している。

図 29 は、IPS モードの液晶表示装置の模式的な断面構成を示している。

図 30 は、本発明の第 3 の実施の形態による液晶表示装置の構成を示すほぼ 1 画素分の断面図である。

図 31 は、本発明の第 3 の実施の形態による液晶表示装置の液晶分子のプレチルト角を示すほぼ 1 画素分の断面図である。

図 32 は、本発明の第 3 の実施の形態による液晶表示装置の T-V 特性を示すグラフである。

図 33 は、本発明の第 3 の実施の形態の実施例 3-1 による液晶表示装置の構成を示すほぼ 1 画素分の断面図である。

図 34 は、本発明の第 3 の実施の形態の実施例 3-1 による液晶への印加電圧の時間変化を示すグラフである。

図 35 は、部分的に初期プレチルト角の異なる領域を有する液晶表示装置の断面構成を示している。

図 36 は、スリットが形成された液晶表示装置の断面構成を示している。

図 37 は、従来の液晶表示装置の構成を示している。

図 38 A 及び図 38 B は、従来の液晶表示装置の T-V 特性を示すグラフである。

図 39 は、本発明の第 4 の実施の形態の前提となる液晶表示装置の構成を模式的に示している。

図 40 は、本発明の第 4 の実施の形態の前提となる液晶表示パネルの構成を示す断面図である。

図 41 は、本発明の第 4 の実施の形態による液晶表示装置の 1 画素の等価回路を示している。

図 42 は、本発明の第 4 の実施の形態の実施例 4-1 による液晶表示装置の構成を示している。

図 43 は、本発明の第 4 の実施の形態の実施例 4-1 による液晶表示装置の 1 画素の等価回路を示している。

図 44 は、本発明の第 4 の実施の形態の実施例 4-1 による液晶表示装置の構

成の変形例を示している。

図 4 5 は、本発明の第 4 の実施の形態の実施例 4 - 1 による液晶表示装置の構成の他の変形例を示している。

図 4 6 は、本発明の第 4 の実施の形態の実施例 4 - 1 による液晶表示装置の構成のさらに他の変形例を示している。

図 4 7 は、本発明の第 4 の実施の形態の実施例 4 - 2 による液晶表示装置の 1 画素の等価回路を示している。

図 4 8 は、本発明の第 4 の実施の形態の実施例 4 - 3 による液晶表示装置の 1 画素の等価回路を示している。

図 4 9 は、本発明の第 4 の実施の形態の実施例 4 - 4 による液晶表示装置の 1 画素の等価回路を示している。

図 5 0 は、本発明の第 5 の実施の形態の実施例 5 - 1 による液晶表示装置の製造方法を用いて作製された液晶表示装置の構成を示している。

図 5 1 は、図 5 0 の A - A 線で切断した液晶表示装置の概略の構成を示す断面図である。

図 5 2 A 乃至図 5 2 D は、本発明の第 5 の実施の形態の実施例 5 - 1 による液晶表示装置の製造方法を示す断面図である。

図 5 3 A 乃至図 5 3 D は、本発明の第 5 の実施の形態の実施例 5 - 2 による液晶表示装置の製造方法を示す断面図である。

図 5 4 A 乃至図 5 4 D は、本発明の第 5 の実施の形態の実施例 5 - 3 による液晶表示装置の製造方法を示す断面図である。

図 5 5 A 乃至図 5 5 D は、本発明の第 5 の実施の形態の実施例 5 - 4 による液晶表示装置の製造方法を示す断面図である。

図 5 6 は、液晶表示装置の断面形状を示している。

図 5 7 は、MVA 型液晶表示装置の従来の電極パターンの例を示している。

図 5 8 A 及び図 5 8 B は、MVA 型液晶表示装置での構造物による配向制御を説明する図である。

図 5 9 は、構造物の他の例（電極スリット）を示している。

図 6 0 は、従来の MVA 型液晶表示装置における印加電圧 - 透過（T - V）特

性の視角による差を示している。

図 6 1 は、1 画素内の異なる閾値電圧の部分を設定して視角特性を改善する H T 法の原理を説明する図である。

図 6 2 A 及び図 6 2 B は、構造物（突起）の配置密度の定義を説明する図である。

図 6 3 は、両側基板に突起を配置する構成での突起間隙による T－V 特性の違いを示している。

図 6 4 は、突起間隙による閾値電圧の変化を示している。

図 6 5 A 及び図 6 5 B は、突起間隙による配向動作の違いを説明する図である。

図 6 6 は、片側基板に突起を配置する構成での突起間隙による T－V 特性の違いを示している。

図 6 7 A 乃至図 6 7 C は、突起間隙が小さい領域での液晶分子の動作を示している。

図 6 8 A 乃至図 6 8 C は、本発明の第 6 の実施の形態による実施例 6－1 の突起配置の例を示している。

図 6 9 A 及び図 6 9 B は、本発明の第 6 の実施の形態による実施例 6－1 の突起形状パターンを示している。

図 7 0 は、本発明の第 6 の実施の形態による実施例 6－1 での T－V 特性を示している。

図 7 1 は、本発明の第 6 の実施の形態による実施例 6－2 の突起形状パターンを示している。

図 7 2 は、本発明の第 6 の実施の形態による実施例 6－2 の他の構造物の形状パターンを示している。

図 7 3 は、構造物の他の例（窪み）を示している。

DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

〔第 1 の実施の形態〕

本発明の第 1 の実施の形態による液晶表示装置について図 1 A 乃至図 1 0 を用いて説明する。まず、本実施の形態の前提となる技術について説明する。斜め方向から表示画像が白っぽく見えてしまうという問題点を解決する手法として、閾値電圧が互いに異なる領域を 1 画素内で混在させるという技術がある。例えば、図 3 8 A 及び図 3 8 B に示すような閾値電圧（約 2. 2 V）を有する領域と、それより低い閾値電圧を有する領域とを 1 画素内で混在させる。図 1 A は、上記の技術を用いた MVA-LCD の T-V 特性を示すグラフである。また図 1 B は、図 1 A に示すグラフの閾値電圧付近を拡大して示している。横軸は液晶への印加電圧（V）を表し、縦軸は光の透過率（%）を表している。グラフ中の線 A 1 は正面方向での T-V 特性を示し、線 A 2 は斜め方向での T-V 特性を示している。

図 1 A、図 1 B に示すように、正面方向で 0. 2 % の透過率が得られる電圧を印加したとき、斜め方向での透過率は図中の矢印のように 0. 7 % 程度に上昇する。図 3 8 A 及び図 3 8 B に示す従来の MVA-LCD と比べると、斜め方向での透過率を 1 / 3 以下に抑えることができ、表示品質が大幅に改善される。この技術によれば、正面方向での透過率に対する斜め方向での透過率の上昇を抑制でき、表示品質が大幅に改善される。また、通常の閾値電圧を有する領域に対して閾値電圧の低い領域を付加することは、液晶の駆動電圧の上昇を抑えるという点からも有効である。

次に、本実施の形態による液晶表示装置について説明する。図 2 は、本実施の形態による液晶表示装置の概略構成を示している。図 2 に示すように、液晶表示装置は、絶縁膜を介して互いに交差して形成されたゲートバスライン及びデータバスラインと、画素毎に形成された TFT 及び画素電極とを備えた TFT 基板 2 を有している。また、液晶表示装置は、共通電極が形成された対向基板 4 と、両基板 2、4 間に封止された液晶（図示せず）とを有している。

TFT 基板 2 には、複数のゲートバスラインを駆動するドライバ IC が実装されたゲートバスライン駆動回路 8 0 と、複数のデータバスラインを駆動するドライバ IC が実装されたデータバスライン駆動回路 8 2 とが設けられている。これらの駆動回路 8 0、8 2 は、制御回路 8 4 から出力された所定の信号に基づいて

、走査信号やデータ信号を所定のゲートバスラインあるいはデータバスラインに出力するようになっている。TFT基板2の素子形成面と反対側の基板面には偏光板86が配置され、偏光板86のTFT基板2と反対側の面にはバックライトユニット88が取り付けられている。一方、対向基板4の共通電極形成面と反対側の面には、偏光板86とクロスニコルに配置された偏光板87が貼り付けられている。

MVA-LCDで閾値電圧を低下させるには、配向規制用構造物の配置間隔を狭くすることが有効である。図3は、MVA-LCDの概略の断面構成を示している。図3に示すように、TFT基板2は、ガラス基板10上の画素領域毎に形成された画素電極16を有している。画素電極16上には、液晶を配向規制する配向規制用構造物である線状の突起44が互いに平行に複数形成されている。一方、対向基板4は、ガラス基板11上のほぼ全面に形成された共通電極42を有している。共通電極42上には、線状の突起45が互いに平行に複数形成されている。突起44、45は、基板面に垂直方向に見て、交互に配列するようになっている。一般的なMVA-LCDでは、突起44、45の幅が例えば $10\mu\text{m}$ であり、突起44の端部と突起45の端部との間の配置間隔aが例えば $25\mu\text{m}$ である。

図4は、MVA-LCDのT-V特性を示すグラフである。グラフ中の線B1は突起44、45の配置間隔aが $25\mu\text{m}$ のときのT-V特性を示し、線B2は配置間隔aが $7.5\mu\text{m}$ のときのT-V特性を示している。図4に示すように、配置間隔aが $25\mu\text{m}$ のときの閾値電圧が約 2.1V であるのに対し、配置間隔aが $7.5\mu\text{m}$ のときの閾値電圧は約 1.7V である。このように、突起44、45の配置間隔aを狭くするほど閾値電圧を低下させることができる。すなわち、配置間隔aが互いに異なる領域を1画素内に形成することによって、閾値電圧が互いに異なる領域を1画素内で混在させることができる。

閾値電圧が互いに異なる領域の閾値電圧差が 0.3V 以上であれば、本発明で示す視野角特性改善の効果が得られる。好ましくは、閾値電圧差 0.5V 以上で顕著な効果が得られ、 0.7V 以上では非常に大きな改善効果が得られる。

図5A～図5Fは、配置間隔aが狭く、閾値電圧が低い領域における配向規制

用構造物の配置パターンの例を示している。図 5 A に示す例では、T F T 基板 2 上に格子状の突起 4 4 が形成されている。対向基板 4 上には突起 4 4 に対して半ピッチずれた格子状の突起 4 5 が形成されている。

図 5 B に示す例では、T F T 基板 2 上に点状の突起 4 4 が形成されている。対向基板 4 上には格子状の突起 4 5 が形成されている。点状の突起 4 4 は、格子状の突起 4 5 の隙間部のほぼ中心に配置されている。

図 5 C に示す例では、図 5 B に示す突起 4 4 に代えて、T F T 基板 2 上に点状の電極の抜き（スリット）4 6 が形成されている。

図 5 D に示す例では、T F T 基板 2 上に格子状のスリット 4 6 が形成されている。対向基板 4 上には、点状の突起 4 5 が形成されている。点状の突起 4 5 は、格子状のスリット 4 6 の隙間部（すなわち電極が形成されている領域）のほぼ中心に配置されている。

図 5 E に示す例では、対向基板 4 上に格子状の突起 4 5 と、突起 4 5 の隙間部のほぼ中心に配置された点状の突起 4 5' とが形成されている。T F T 基板 2 上には、突起 4 5、4 5' の間に配置された棒状の突起 4 4 が形成されている。

図 5 F に示す例では、図 5 E に示す突起 4 4 に代えて、T F T 基板 2 上に棒状のスリット 4 6 が形成されている。

図 5 A ～図 5 F に示すような構成では、液晶分子 8 がほぼ 90° ずつ異なる 4 方位に放射状に傾斜するようになっている。画素領域中で配置間隔 a が狭く閾値電圧が低い領域での配向規制用構造物の配置間隔 a は、 $15\ \mu\text{m}$ 以下であることが望ましい。配置間隔 a が $15\ \mu\text{m}$ 以下であると、液晶の閾値電圧を低下させる効果が大きいため、視野角特性を改善する効果も大きい。なお、配向規制用構造物の配置パターンはこれらに限定されるものではない。

図 6 は、画素内の突起の配置を示す断面図である。図 6 に示すように、互いに平行に形成された線状の突起 4 4、4 5 が配置間隔 $25\ \mu\text{m}$ で配置されている。

図 7 は、図 6 に示す突起とは異なる配置パターンで形成された突起を基板面に垂直方向に見た配置を示している。図 7 に示すように、対向基板 4 上には、幅 $5\ \mu\text{m}$ の格子状の突起 4 5 と、幅 $8\ \mu\text{m}$ のほぼ正形状の突起 4 5' とが形成されている。T F T 基板 2 上には、幅 $5\ \mu\text{m}$ の棒状の突起 4 4 が形成されている。突起

44、45'の配置間隔と、突起44、45の配置間隔とは共に6 μ mであり、図6に示す突起44、45の配置間隔25 μ mより狭くなっている。

図8は、図6に示す構成でのT-V特性と、図7に示す構成でのT-V特性とを比較するグラフである。グラフ中の線C1は図6に示す構成でのT-V特性を示し、線C2は図7に示す構成でのT-V特性を示している。図8に示すように、突起の配置間隔のより狭い図7に示す構成では、図6に示す構成よりも閾値電圧が低下する。このため、図6に示す構成と図7に示す構成とを1画素内に混在させれば、閾値電圧が互いに異なる領域を1画素内に形成できる。閾値電圧差は0.7V以上であるため、本実施の形態によれば、MVA-LCDの視野角特性を大幅に改善することができる。

(実施例1-1)

本実施の形態の実施例1-1による液晶表示装置について図9及び図10を用いて説明する。図9は、本実施例による液晶表示装置の1画素における配向規制用構造物の配置を示している。図9に示すように、液晶表示装置のTFT基板2上には、図中左右方向に延びる複数のゲートバスライン12（図9では2本示している）が例えば300 μ m間隔で形成されている。不図示の絶縁膜を介してゲートバスライン12に交差して、図中上下方向に延びる複数のドレインバスライン14（図9では2本示している）が例えば100 μ m間隔で形成されている。ゲートバスライン12とドレインバスライン14との各交差位置近傍には、TFT20が形成されている。また、ゲートバスライン12及びドレインバスライン14で画定された長形状の画素領域のほぼ中央を横切って、蓄積容量バスライン18が形成されている。各画素領域には画素電極16が形成されている。

TFT基板2上には、画素領域の端部に対して斜めに延びる線状の突起44が形成されている。突起44は、レジストを基板全面に塗布してレジスト層を形成し、フォトリソグラフィ法を用いて当該レジスト層をパターニングすることにより形成されている。

TFT基板2に対向配置された対向基板4上には、カラーフィルタ樹脂層や共通電極が形成されている。また対向基板4上には、突起44に対して半ピッチずれて並列配置された突起45が形成されている。突起45は、レジストを基板全

面に塗布してレジスト層を形成し、フォトリソグラフィ法を用いて当該レジスト層をパターニングすることにより形成されている。

画素領域の左上端部及び左下端部の領域では、突起 4 4、4 5 間の配置間隔 a_2 が、画素領域内の他の領域での突起 4 4、4 5 間の配置間隔 a_1 より狭くなっている。これにより、閾値電圧が互いに異なる領域が 1 画素内で混在している。

図示していないが、両基板 2、4 の対向面には、垂直配向膜が形成されている。スペーサを介して貼り合わされた両基板 2、4 間には、負の誘電率異方性を有するネマティック液晶が封止されている。また、基板 2、4 のパネル外側の両表面には、吸収軸が互いに直交するように配置された偏光板がそれぞれ貼り付けられている。

(実施例 1 - 2)

図 1 0 は、本実施例による液晶表示装置の実施例 1 - 2 を示している。図 1 0 に示すように、画素領域の左上端部及び左下端部の領域には、点状の突起 4 5' と、突起 4 5' を囲むように配置された棒状の突起 4 4 が形成されている。当該領域での突起 4 4、4 5' 間の配置間隔 a_2 は、他の領域での突起 4 4、4 5 間の配置間隔 a_1 より狭くなっている。これにより、閾値電圧が互いに異なる領域が 1 画素内で混在している。

(実施例 1 - 3)

図 1 1 は、本実施例による液晶表示装置の 1 画素における配向規制用構造物の配置を示している。図 1 1 に示すように、T F T 基板 2 側には図 9 に示すような線状突起は形成されておらず、代わりに画素電極 1 6 の電極膜を一部抜いたスリット 4 6 が形成されている。画素中央部の蓄積容量バスライン 1 8 に向かって接近する 2 つのスリット 4 6 の延伸方向には、スリット 4 6 のスペース幅より狭いスペース幅の複数のスリット 4 6' が、スリット 4 6 の延伸方向にほぼ直交して形成されている。スリット 4 6' を設けることにより、より確実に配向方位を規制することができる。

T F T 基板 2 に対向配置されてカラーフィルタ樹脂層や共通電極が形成された対向基板 4 側には、スリット 4 6 に対して半ピッチずれて並列配置された線状突起 4 4 が形成されている。突起 4 4 は、レジストを基板全面に塗布してレジスト

層を形成し、フォトリソグラフィ法を用いて当該レジスト層をパターンニングすることにより形成されている。

画素領域の左上端部及び左下端部の領域では、突起 4 4 とスリット 4 6 と間の配置間隔 a_2 が、画素領域内の他の領域での突起 4 4 とスリット 4 6 と間の配置間隔 a_1 より狭くなっている。これにより、閾値電圧が互いに異なる領域が 1 画素内で混在している。

このように、ドメイン規制手段としては、突起のみでなく、窪み、あるいは電極に設けたスリットなどや、それらを組み合わせて用いることが可能である。図 1 1 に示すように、ストライプ状パターンが屈曲部を有したり、ドメイン規制を補助するための微細スリットあるいは微細突起などが一部あるいは全体に含まれていてもよい。

本実施の形態では、閾値電圧が互いに異なる領域を 1 画素内に混在させることができる。したがって、斜め方向から表示画像が白っぽく見えてしまうことがなく、視野角特性の良好な MVA 方式の液晶表示装置を実現できる。

〔第 2 の実施の形態〕

次に、本発明の第 2 の実施の形態による液晶表示装置及びその製造方法について図 1 2 乃至図 2 7 を用いて説明する。本願出願人による日本国特許出願（特願 2 0 0 2 - 5 2 3 0 3 号）には、液晶表示装置の階調視角特性を改善し、中間調で表示された表示画像が斜め方向から白っぽく見えてしまう問題を解決する手法として、液晶内に混入された光硬化性組成物を 1 画素内で部分的に異なるプレチルト角を有するように硬化させる技術が提案されている。この技術によれば、閾値電圧等の T-V 特性が互いに異なる領域を 1 画素内に形成でき、階調視角特性が改善する。

ところが、T-V 特性を 1 画素内で異ならせるためには、少なくとも画素内の一部で液晶分子のプレチルト角を大きくしなければならない。このため、全黒表示時に光漏れが生じ易く、コントラスト比が低下してしまうという問題を有していた。また、異なるプレチルト角を得るためには、光を照射して光硬化性組成物を硬化させるときに、液晶層に対して複数レベルの電圧を印加する必要があった

。さらに、液晶分子のプレチルトを確実に得るためには、大きな光照射エネルギーが必要になる。このため、液晶表示装置の製造工程において生産タクトの改善が望まれている。

本実施の形態の目的は、良好な視野角特性が得られ、容易な製造工程で製造可能な液晶表示装置及びその製造方法を提供することにある。

まず、本実施の形態の原理について説明する。図12は、本実施の形態による液晶表示装置の構成を示すほぼ1画素分の断面図である。図12に示すように、画素領域は、T-V特性の互いに異なる領域A、Bに分割されている。図13は、各領域でのT-V特性を示すグラフである。横軸は液晶へ印加される電圧を表し、縦軸は光の透過率を表している。グラフ中の線D1は領域AでのT-V特性を示し、線D2は領域BでのT-V特性を示している。また線D3は、領域A、Bを含む画素全体での合成されたT-V特性を示している。既に述べたように、T-V特性が互いに異なる領域A、Bを1画素内に混在させることによって、良好な視野角特性が得られる。

図14は、本実施の形態による液晶表示装置の他の構成を示すほぼ1画素分の断面図である。図14に示すように、領域A、Bがそれぞれ複数に分割されていても同様の効果が得られる。また、画素領域が、T-V特性の互いに異なる3つ以上の領域A、B、C等に分割されていてもよい。

次に、本実施の形態の液晶表示装置の製造方法について従来と対比して説明する。図15A～図15Fは従来の液晶表示装置の製造方法を示す工程断面図である。まず、ガラス基板（又はプラスチック基板）上に透明電極等を形成し、図15Aに示すようなTF基板2（又は対向基板4）を作製する。次に、図15Bに示すように、印刷法を用いてポリイミド樹脂をTF基板2上に塗布して高温で焼成し、配向膜36を形成する。なお、プラスチック基板を用いる場合には高温で焼成できない場合があり、配向膜36の形成材料として低温焼成用の樹脂を用いることが多い。次に、必要であれば、図15Cに示すようにラビングローラ38を用いて適宜ラビングを行う。

次に、図15Dに示すように、同様の工程で配向膜36が形成された対向基板4とTF基板2とをシール材62を介して貼り合わせる。次に、図15Eに示

すように、液晶注入口から液晶 6 を注入して封止し、図 1 5 F に示す液晶表示装置が完成する。

図 1 6 A ～ 図 1 6 C は、本実施の形態による液晶表示装置の製造方法を示す工程断面図である。まず、図 1 6 A に示すように、配向膜 3 6 が形成されていない T F T 基板 2 と対向基板 4 とを不図示のシール材を介して貼り合わせる。次に、図 1 6 B に示すように、配向補助材である光硬化性樹脂を混入した液晶 6 を両基板 2、4 間に注入する。次に、液晶 6 に光を照射して、両基板 2、4 近傍の光硬化性樹脂を硬化させ、図 1 6 C に示すように配向制御層 3 4 を形成する。なお、液晶 6 に光を照射する工程では、液晶 6 に電圧を印加していない。

図 1 7 A 乃至図 1 7 C は、配向制御層 3 4 が形成される流れを示す断面図である。図 1 7 A、図 1 7 B に示すように、液晶 6 中の基板 2 界面の光硬化性樹脂（モノマー）M は、UV 光が照射されると、重合してポリマー P 1 化する。さらに UV 照射を続けることにより、図 1 7 C に示すように、基板界面のポリマー P 1 から垂直配向するポリマー P 2 が形成され、ポリマー P 1 及び P 2 が垂直配向制御層として機能して液晶分子 8 が垂直配向する。

本実施の形態による液晶表示装置の製造方法は、従来の液晶表示装置の製造方法と比較して、基板 2、4 上に配向膜 3 6 を形成しないか、又は配向膜 3 6 を画素領域の一部にのみ形成する点に特徴を有している。液晶 6 の配向は、配向制御層 3 4 により制御される。配向膜 3 6 を形成しなければ、配向制御層 3 4 を形成する工程を含め、基板を高温に加熱する工程を経ずに液晶表示装置を作製できる。このため、プラスチック基板や極薄ガラス基板等を T F T 基板 2 や対向基板 4 に用いることができ、基板の選択自由度が向上する。また、本実施の形態では、配向制御層 3 4 を形成する際に、液晶 6 に電圧を印加していない。このため、液晶表示装置の製造工程が簡略化する。

既に説明した従来の技術では、主に基板に対する液晶分子の傾斜角を異ならせることにより、1 画素内で異なる T-V 特性を得ている。それに対して、本実施の形態では液晶分子の傾斜角は 1 画素内で同等であり、配向制御層 3 4 の液晶分子に対するアンカリングエネルギーの差異を利用して、1 画素内で異なる T-V 特性を得ている。検討を進めたところ、垂直配向膜を形成してから貼り合せた液

晶表示パネルでは、アンカリングエネルギーが大きくなってしまうため、その差異を利用することは難しいことが分かった。しかし、本実施の形態では、垂直配向膜を形成していない（又は画素領域の一部のみに形成している）ため、アンカリングエネルギーが小さい液晶表示パネルを作製できる。したがって、アンカリングエネルギーを画素内で異ならせることが容易である。

本実施の形態によれば、液晶分子のプレチルト角を大きくする必要がないため、黒表示時の光漏れを回避できる。したがって、階調視角特性を改善できるとともにコントラスト比の高い液晶表示装置を実現できる。

図 18 A 及び図 18 B は、1 画素内にアンカリングエネルギーの異なる配向制御層 3 4 を形成する方法を示している。まず、図 18 A に示すように、光硬化性樹脂が混入された液晶 6 が両基板 2、4 間に注入された液晶表示パネルの 1 画素のうち領域 A に、露光マスク 5 4 を用いて例えば UV 光を所定の照射量だけ照射する。次に、図 18 B に示すように、露光マスク 5 4 に対して相補的な遮光パターンが形成された露光マスク 5 5 を用いて、1 画素のうち領域 B に UV 光を上記の照射量と異なる照射量だけ照射する。1 画素内の領域 A と領域 B とで UV 光の照射量を異ならせることにより、領域 A、B では互いに異なるアンカリングエネルギーの配向制御層 3 4 が得られる。したがって、1 画素内の領域 A、B で互いに異なる T-V 特性（閾値電圧）が得られる。

図 19 は、1 画素内にアンカリングエネルギーの異なる配向制御層 3 4 を形成する方法の他の例を示している。図 19 に示すように、領域によって透過率の異なる露光マスク 5 6 を用いて、1 画素内の領域 A、B に異なる照射強度の UV 光が照射されるようにする。この方法によれば、互いに異なるアンカリングエネルギーの配向制御層 3 4 が一括露光により得られるため、製造工程がより簡略化する。

図 20 は、1 画素内にアンカリングエネルギーの異なる配向制御層 3 4 を形成する方法のさらに他の例を示している。図 20 に示すように、光学的バンドパスフィルタ 5 8 を併用し、液晶 6 に入射する UV 光の波長を異ならせている。UV 光照射時に複数のバンドパスフィルタ 5 8 を使用することも有効である。例えば、ある照射段階までは所定のバンドパスフィルタ 5 8 を用いて UV 光を照射し、

その後のある照射段階までは他のバンドパスフィルタ 5 8 を用いて UV 光を照射し、その後バンドパスフィルタ 5 8 を用いずに UV 光を照射する。

図 2 1 は、T-V 曲線の光照射量依存性（トータルエネルギー）を示すグラフである。線 E 1 は、UV 照射量が 0.2 J のとき（UV 照射量小）の T-V 曲線を示している。線 E 2 は、UV 照射量が 0.6 J のとき（UV 照射量中）の T-V 曲線を示している。線 E 3 は、UV 照射量が 3 J のとき（UV 照射量大）の T-V 曲線を示している。図 2 1 に示すように、UV 照射量が小さいときには配向制御層 3 4 のアンカリングエネルギーが小さいため、液晶分子の立ち上がりが早い。UV 照射量が大きくなるとともに配向制御層 3 4 のアンカリングエネルギーも大きくなり、T-V 曲線は高電圧側にシフトする。

本例では、混合液晶中の光硬化性樹脂に光開始材（重合開始材）を使用していない。光開始材を使用しないことで、よりアンカリングエネルギーの差異を得やすくなる。図 2 2 は、光開始材を使用した場合における T-V 特性の光照射量依存性を示すグラフである。線 F 1 は、UV 照射量が 0.2 J のとき（UV 照射量小）の T-V 曲線を示している。線 F 2 は、UV 照射量が 0.6 J のとき（UV 照射量中）の T-V 曲線を示している。線 F 3 は、UV 照射量が 3 J のとき（UV 照射量大）の T-V 曲線を示している。光開始材は、単官能モノマー、二官能モノマーの合計に対して 2～10 wt % 程度になるように添加している。図 2 2 と図 2 1 とを比較すると、光開始材を使用した場合、UV 照射量を異ならせても T-V 曲線の変化が少ない。したがって、アンカリングエネルギーの差異を得るには、光開始材を使用しない方が好ましい。

図 2 3 乃至図 2 6 は、本実施の形態による液晶表示装置の製造方法により作製された液晶表示装置の断面構成を示している。図 2 3 に示すように、画素領域のうち領域 A には所定のアンカリングエネルギーを有する配向制御層 3 4 が形成されている。領域 B には、領域 A とは異なるアンカリングエネルギーを有する配向制御層 3 4' が形成されている。

また、図 2 4 に示すように、基板 2、4 に下地層 4 0 を形成してから配向制御層 3 4、3 4' を形成することも可能である。例えば、部分的に下地層 4 0 の表面活性度が異なるように前処理することで、配向制御層 3 4、3 4' 間の違いを明確

にし、アンカリングエネルギーの差異が大きくなるようにする。

図 2 5 に示すように、下地層として垂直配向膜 3 6 を形成してもよい。例えば、垂直配向膜 3 6 をパターンニングし、垂直配向膜 3 6 が除去された領域 A には配向制御層 3 4 を選択的に形成し、領域 B には配向制御層 3 4 を形成せずに垂直配向膜 3 6 をそのまま使用する。

図 2 6 に示すように、表面に凹凸部 4 8 を有する基板に本実施の形態を適用することも有効である。すなわち、例えば C F 樹脂層や線状の突起などにより基板 2、4 表面に形成された凹凸部 4 8 を平坦化するために、平坦化層を設ける必要がない。このため、製造工程が簡略化し、製造コストが減少する。また、反射型液晶表示装置では、傾斜角を有する反射電極表面に、配向制御層 3 4 を直接形成することもできる。表面に凹凸部 4 8 を有する基板や、反射型液晶表示装置に用いられる基板に、印刷法により配向膜 3 6 を形成するのは困難な場合があるが、本実施の形態によれば配向制御層 3 4 を均一に形成することが可能となる。

図 2 7 は、図 6 に示すような構成の液晶表示パネルにおいて、配向制御層 3 4 を形成した領域の T-V 特性と、垂直配向膜 3 6 を形成した領域の T-V 特性とを示すグラフである。線 G 1 は配向制御層 3 4 を形成した領域の T-V 特性を示し、線 G 2 は垂直配向膜 3 6 を形成した領域の T-V 特性を示している。図 2 7 に示すように、配向制御層 3 4 を形成した領域では、垂直配向膜 3 6 を形成した領域よりアンカリングエネルギーが小さく、閾値電圧が小さくなっていることが分かる。画素内でアンカリングエネルギーを異ならせるには、全面に垂直配向膜 3 6 が形成された液晶表示パネルよりも、垂直配向膜 3 6 を形成せずに配向制御層 3 4 を形成した液晶表示パネルや、垂直配向膜 3 6 がパターンニングされて除去された領域に配向制御層 3 4 を形成した液晶表示パネルを用いた方が容易である。

以下、具体的実施例を用いて説明する。

(実施例 2-1)

I T O からなる透明電極がパターンニングされた一対のガラス基板を各々洗浄した。一方の基板に直径 4. 0 μ m のビーズスペーサ（積水ファインケミカル製）を散布し、他方の基板には熱硬化性シール（三井化学製）をディスペンサにより

塗布形成した。次に、両基板を貼りあわせて空セルを作製した。液晶A（メルク製、 $\Delta\epsilon = -4.8$ ）と樹脂とを重量比98：2で混合した。樹脂は、単官能モノマー（アクリル酸ドデシル、和光純薬製）と、二官能モノマー（メルク製）とを重量比15：1で混合したものである。このようにして調製した混合液晶を、上記の空セルへ真空注入法により充填した後、可視光硬化性樹脂により注入口を封止して液晶セルを作製した。液晶セルに対して、UV光を $1\text{ mW}/\text{cm}^2$ の強度で照射した。このとき、領域Bを遮光する露光マスク54を用いて照射量0.2 JとなるようにUV光を照射した領域Aと、領域Aを遮光する露光マスク55を用いて照射量3 JとなるようにUV光を照射した領域Bとを形成し、画素内で部分的にT-V特性が異なる液晶パネルを作製した。領域A、Bは、それぞれ $20\text{ }\mu\text{m}$ 幅のストライプ状に形成した。 $\lambda/4$ 板を使用してT-V特性を測定した結果、階調視角特性が著しく改善された。

（実施例2-2）

実施例2-1と同様の空セル、混合液晶を使用して、液晶パネルを3種類作製した。露光マスク54、55を使用せず、照射量が3通り（0.2 J、0.6 J、3 J）となるように、各液晶パネルに対してUV光を照射した。実施例2-1と同様にT-V特性を測定した結果、図21に示すグラフのように各液晶パネルのT-V特性が異なることを確認した。

（実施例2-3）

混合液晶に重合開始材を混入したこと以外は実施例2-2と同様の条件で液晶パネルを作製した。重合開始材は、イルガキュア651（チバ・スペシャル製）を使用した。この重合開始材を単官能モノマーと二官能モノマーとの混合量に対して重量比2.5%となるように、少量添加した。実施例2-2と同様に照射量を3通り（0.2 J、0.6 J、3 J）にして、3種類の液晶パネルを作製した。各液晶パネルのT-V特性を測定したところ、図22に示すグラフのように、各液晶パネルのT-V特性を異ならせることは難しく、重合開始材を添加しない方が好ましいことを確認した。

〔第3の実施の形態〕

次に、本発明の第3の実施の形態による液晶表示装置及びその製造方法について図28乃至図36を用いて説明する。高画質で、特に視野角特性に優れた液晶表示装置として、MVAモードと、横電界スイッチング（IPS：In-Plane Switching）モードとがよく知られている。

図28は、MVA-LCDの模式的な断面構成を示している。図28に示すように、MVA-LCDは、TFT基板2及び対向基板4と、両基板2、4間に封止された液晶6とを有している。液晶6は負の誘電率異方性を有している。例えばTFT基板2上には、配向規制用構造物として線状の突起44が形成されている。図示していないが、両基板2、4の対向面には垂直配向膜が形成されている。液晶6に電圧が印加されていない状態では、突起44近傍の液晶分子8は、基板面に垂直な方向から突起44の斜面の法線方向に傾斜する。液晶6に所定の電圧を印加することにより、線状突起44を境界として、液晶分子8が異なる方向に倒れるようになる。MVA-LCDでは、液晶分子8の傾斜する方向が1画素内で例えば4方向に分割されているため、優れた視野角特性が得られる。

図29は、IPSモードの液晶表示装置の模式的な断面構成を示している。図29に示すように、IPSモードの液晶表示装置は、TFT基板2上に櫛歯状に形成された画素電極16間に所定の電圧を印加し、基板に対して水平方向の横電界により液晶分子8がスイッチングされる。IPSモードの液晶表示装置では、液晶分子8が基板に対して常にほぼ水平であるため、優れた視野角特性が得られる。

しかしながら、これらの液晶表示装置においても欠点がない訳ではない。一例を挙げれば、MVA-LCDでは階調を変えた場合の視角特性が十分ではない。また、IPSモードの液晶表示装置では十分高い正面コントラストが得られない。MVA-LCDの階調視角特性は、例えば中間調で表示した画像が斜め方向から白っぽく見えたり、斜め方向から見たときの色合いが正面から見たときと異なる等の問題を有している。一方、IPSモードでは、水平配向に起因して、正面コントラストの限界が200～300程度となっている。また、斜め45°方位でのコントラストはMVA-LCDに比較して十分とは言えず、透過率についても改善が望まれている。さらに、黒表示の際に斜め方向から見たときに生じる色

付きの問題もある。このように、以上2つの優れた動作モードの液晶表示装置においても一長一短があり、更なる改善が望まれている。

本実施の形態は、特に垂直配向型の液晶表示装置の欠点である階調視角特性を改善するためのものである。一方、上記の表示方式とは別に、視角特性を改善する手法の1つにハーフトーン・グレースケール法が知られている。ハーフトーン・グレースケール法は、1画素内で液晶の閾値電圧を変えて、異なるT-V特性を混合することで視角特性を改善するものである。これを実現する手法として、容量結合を利用して液晶に異なる電圧を印加する技術がある。しかし、液晶表示装置の製造工程が煩雑になり、また液晶表示装置の構造が複雑になるという問題が生じていた。本実施の形態では、垂直配向型の液晶表示装置において、画素内で容易に閾値電圧を制御し、結果として階調視角特性の大幅な改善を図っている。

まず、本実施の形態の原理について説明する。図30は、本実施の形態による液晶表示装置の構成を示すほぼ1画素分の断面図である。図30に示すように、画素内の一部の領域では、他の領域よりセル厚が小さくなっている。液晶の応答時間は、一般にセル厚の2乗に反比例することが知られている。すなわち、セル厚の小さい一部の領域では電圧印加に対する応答時間が相対的に短く、セル厚の大きい他の領域は電圧印加に対する応答時間が相対的に長い。本実施の形態ではこの現象を利用し、画素内で部分的にプレチルト角を変えている。液晶6には反応性モノマーを添加したものをを用いている。

TFT基板2の画素電極16（図示せず）と対向基板4の共通電極42との間には、オフ電圧（垂直配向型のノーマリブラックモードでは黒表示）とオン電圧（垂直配向型のノーマリブラックモードでは白表示）との繰り返しからなる電圧を液晶の応答速度に基づいて適宜選択した周波数で印加する。オフ電圧は、液晶分子8の配向が変わらない電圧としている。またオン電圧は、プレチルト角を付与するのに十分な電圧としている。周波数は、応答の速い領域の液晶が応答し、応答の遅い領域の液晶が応答しないように設定するのが基準となる。ここで、「オン電圧」、「オフ電圧」とは、必ずしも液晶表示パネルを実際に駆動する際の電圧ではないことに注意する必要がある。電圧は、あくまでモノマーの重合、固

化によるプレチルト角の付与（閾値電圧の変化）が達成されるように選定され、実際に駆動する際の電圧より一般的に大きな値が用いられる。モノマーには、UV光等の照射で重合が進むアクリレート系やメタクリレート系を用いる。電圧を印加しながら、UV光を照射することによりモノマーが重合、固化する。

図3 1は、本実施の形態による液晶表示装置の液晶分子のプレチルト角を示すほぼ1画素分の断面図である。図3 1に示すように、1画素内で応答の速い一部の領域では液晶分子8'のプレチルト角が変化し（ $90^\circ \rightarrow$ 約 85° ）、応答の遅い他の領域では液晶分子8のプレチルト角がほとんど変化しない（ $90^\circ \rightarrow$ 約 90° ）。

図3 2は、本実施の形態による液晶表示装置のT-V特性を示すグラフである。線H 1はプレチルト角が変化していない領域のT-V特性を示し、線H 2はプレチルト角が変化した領域のT-V特性を示している。線H 3は、画素全体での合成されたT-V特性を示している。図3 2に示すように、プレチルト角が変化した領域では閾値電圧が低下してT-V特性が変化している。画素全体では両領域のT-V特性が合成されるため、階調視角特性が改善される。

本実施の形態では、画素内に応答速度の異なる領域を形成し、反応性モノマーを重合、固化する際に駆動電圧、周波数を液晶の応答速度に基づいて選定することで、画素内で部分的にプレチルト角を変えることが可能となる。プレチルト角を部分的に変えることで液晶の閾値電圧を画素内で変えることができ、結果として階調視角特性を改善できる。本実施の形態によれば、垂直配向型の液晶表示装置において大きな問題であった階調視角特性を容易な方法により大幅に改善することが可能となる。

以下、具体的実施例を用いて説明する。

（実施例3-1）

本実施の形態の実施例3-1による液晶表示装置及びその製造方法について説明する。図3 3は、本実施例による液晶表示装置の構成を示すほぼ1画素分の断面図である。図3 3に示すように、1画素内でセル厚 d_1 の領域Aとセル厚 d_2 （ $< d_1$ ）の領域Bとに区分けし、液晶6の応答の速い領域Bのみにプレチルト角を効率的に付与している。液晶6は負の誘電率異方性（ $\Delta \epsilon = -3.5$ ）を有

している。垂直配向膜にはポリアミック酸型が用いられている。混入する反応性モノマーとしては、液晶骨格を有した2官能のアクリレート又はメタクリレートを用いた。液晶に対する反応性モノマーの混入量は、重量比で0.4%とした。また、セル厚 d_1 は約 $4\mu\text{m}$ とし、セル厚 d_2 を $2\mu\text{m}$ とした。基板面の段差は、厚さ $2\mu\text{m}$ の樹脂保護膜60をパターンニングすることで形成した。

図34は、本実施例での液晶6への印加電圧の時間変化を示すグラフである。低電圧 V_1 を0Vとし、高電圧 V_2 を4Vとした。また時間 t_1 、 t_2 をともに8msとした。この条件で電圧を印加しながら $10\text{J}/\text{cm}^2$ のUV光を照射した(UV35のフィルタ換算)。このような条件で液晶中のモノマーを重合、固化すると、領域Bでは液晶の応答が速いため、配向膜界面には傾斜した液晶分子に倣ってポリマー鎖が形成され、液晶分子に 90° 以下のプレチルト角を付与することができる。一方、領域Aでは、セル厚が大きいため液晶の応答は遅くなり、上記の条件下では、ほとんど液晶分子が傾斜することはない。したがって、この状態でモノマーを固化しても、垂直配向のままの液晶分子に倣ってポリマー鎖が形成されるため、液晶分子に 90° 以下のプレチルト角を付与することはない。

このようにして、1画素内でのプレチルト角を変えることにより、各領域A、Bにおいて液晶の閾値電圧を変えることが可能になる。すなわち、領域Bでは、領域Aに比較して閾値電圧が低下する。2つの領域A、Bで閾値電圧を測定したところ約0.5Vの差を確認した。以上のように、比較的簡単な方法により閾値電圧を制御し、結果として階調視角特性の改善を行うことができた。

ここで、領域Bと領域Aとの面積比はおおよそ1:10としたとき、視角特性改善の効果が確認された。好ましい面積比は、閾値電圧の差に依存する。閾値電圧の差が0.3V~1Vのとき、1:10~1:1の範囲の面積比が好ましいことが実験(表示確認)及びシミュレーションで確認されている。

(実施例3-2)

次に、本実施の形態の実施例3-2による液晶表示装置の製造方法について説明する。本実施例は、部分的に初期プレチルト角の異なる領域を有する液晶表示装置に本実施の形態を適用した例である。ここで、初期プレチルト角とは、ポリマー固化前のプレチルト角のことをいう。図35は、部分的に初期プレチルト角

の異なる領域を有する液晶表示装置の断面構成を示している。図 3 5 では、配向膜の図示は省略している。図 3 5 に示すように、基板 2、4 には、線状の突起（低誘電性の土手）4 4、4 5 がそれぞれ形成されている。これにより、突起 4 4、4 5 近傍の液晶分子には所定の初期プレチルト角が付与されている。このような構成の液晶表示装置の液晶 6 に対して、モノマーの重合時に図 3 4 に示すような時間変化の電圧を印加することによって、より効率的に部分的なプレチルト角を付与することができる。すなわち、サイクリック・リセット駆動法的な駆動を行いつつ、重合性モノマーを含んだ液晶 6 に UV 光を照射することで、液晶 6 の応答の速い領域 B でのみ効率的にプレチルト角を付与することができる。重合条件及び駆動条件は、実施例 3 - 1 とほぼ同様である。

一般的に用いられている静的な駆動では、液晶分子の初期配列にそれほど大きな違いがない場合、各々の領域で基板界面のプレチルト角差を大きくすることはできない。このため、重合性モノマーを用いたとしても、十分な閾値電圧差を付与することができない。しかしながら、本実施例のようにサイクリック・リセット駆動法的な駆動を利用すると、僅かな液晶分子の初期配列の差をより拡大することが可能になる。この状態で重合性モノマーを固化して基板界面に固定化することにより、結果として、より大きい閾値電圧差を有する領域（プレチルト角のより大きく異なる領域）を 1 画素内に形成できる。したがって、液晶表示装置の階調視角特性を改善できる。なお、突起 4 4、4 5 近傍の液晶分子の配向については、正確には斜め電界も含めて考えなくてはならないが、複雑化を避けるため、ここでは初期プレチルト角にのみ注目して説明した。

ここで、典型的な斜め電界によるプレチルト付与について説明する。図 3 6 は、スリットが形成された液晶表示装置の断面構成を示している。図 3 6 では、配向膜の図示は省略している。図 3 6 に示すように、基板 2、4 には、電極の抜き部（スリット）4 6 がそれぞれ形成されている。印加電圧が十分低いときには、初期プレチルト角は、全領域均一でほぼ 90° である。液晶 6 に電圧を印加すると、スリット 4 4 近傍では、他の領域と電界の方向が異なる斜め電界が生じる。スリット 4 4 近傍の液晶分子は、斜め電界により最初に傾斜する。ここで、上記と同様にサイクリック・リセット駆動法的な駆動により液晶 6 に電圧を印加する

と、スリット 4 4 近傍の液晶分子が他の領域の液晶分子より傾斜した状態になる。この状態で重合性のモノマーを固化することで、この液晶分子配向を固定することが可能となる。重合条件及び駆動条件は、実施例 1 - 1 と基本的に同じである。本実施例を用いれば、結果的に部分的にプレチルト角差を有する構造の液晶表示装置が作製されたことになり、スリット 4 6 近傍の領域 B と他の領域 A との間には、明確な閾値電圧差が生じる。

以上のように、本実施の形態によれば、液晶の応答速度の差と重合性モノマーとサイクリック・リセット駆動法的な駆動とを利用して、明確な閾値電圧差を 1 画素内に生じさせることが可能になる。したがって、階調視角特性に優れた垂直配向型の液晶表示装置を実現できる。

〔第 4 の実施の形態〕

本実施の形態は、テレビ受像機や電子機器の表示部として用いられる液晶表示装置及びその製造方法に関し、特に液晶に添加されたモノマーやオリゴマーを重合させた液晶表示装置及びその製造方法に関する。

液晶表示装置は、2 枚の基板と両基板間に封止された液晶とを有している。液晶表示装置では、液晶の電気光学異方性を利用して、電気的な刺激により光学的なスイッチングが行われている。液晶層に所定の電圧を印加して液晶分子の傾斜角度を制御し、液晶分子の屈折率異方性の軸の向きを変える。これにより生じる旋光性や複屈折性を利用して光の透過率を変え、液晶表示パネルの画素毎の明るさを制御している。垂直配向 (VA; Vertically Aligned) モードはそのような液晶表示パネルの技術の 1 つである。VA モードは、MVA (Multi-domain Vertical Alignment) 方式の液晶表示装置 (以下、「MVA-LCD」という) に代表されるように、広い視野角を実現できる動作モードとして実用化されている。

しかしながら、VA モードの液晶表示装置では、表示画面に対して斜め方向から見たとき、中間調付近の表示画像が白っぽく見えてしまうという問題が生じる。これを解決する方法として、本願出願人による日本国特許出願 (特願 2 0 0 2 - 5 2 3 0 3 号) には、液晶分子のプレチルト角が互いに異なる複数の領域を

1画素内に形成することにより、T－V特性の立ち上がり電圧が異なる領域を1画素内に形成する技術が提案されている。

また、本願出願人による日本国特許出願（特願2001－98455号）には、プレチルト角を付与する手法として、以下のような技術が提案されている。液晶分子のプレチルトは、光又は熱で重合反応するモノマー又はオリゴマーを液晶中に添加しておき、液晶注入後に当該モノマー又はオリゴマーを重合させることにより付与できる。この重合時に液晶に印加する電圧を変えるとプレチルト角を異ならせることができる。印加電圧が大きいほどプレチルト角が小さくなる。ここで、プレチルト角とは、液晶層に電圧が印加されていない状態での液晶分子の基板面からの傾斜角度である。すなわち、「プレチルト角が小さくなる」とは、完全な垂直配向からの傾き角が大きくなること、すなわちより水平配向に近づくことを意味している。

本実施の形態の目的は、良好な表示特性の得られる液晶表示措置及びその製造方法を提供することにある。

上記目的は、対向配置された一对の基板と、前記一对の基板の一方に形成された蓄積容量バスラインと、前記一对の基板の一方に配列した画素領域がそれぞれ複数に分割された複数の分割領域と、前記分割領域毎に形成された画素電極と、前記分割領域毎に形成され、前記画素電極に接続された薄膜トランジスタと、前記一对の基板の他方に形成された共通電極と、前記一对の基板間に封止された液晶と、前記共通電極と前記蓄積容量バスラインとの間に交流電圧が印加された状態で、前記液晶に混入された重合性成分が重合したポリマーとを有することを特徴とする液晶表示装置によって達成される。

本発明の第4の実施の形態による液晶表示装置について図39乃至図49を用いて説明する。まず、本実施の形態の前提となる技術について説明する。本願出願人による日本国特許出願（特願2001－306906号、及び特願2002－136128号）には、モノマーやオリゴマーを重合させる際に液晶層に電圧を印加する方法として、共通電極と蓄積容量バスラインとの間に交流電圧を印加する技術が提案されている。

図39は、上記の技術に用いられる液晶表示装置の構成を模式的に示してい

る。図39に示すように、TFT基板上には、図中左右方向に延びる複数のゲートバスライン112が互いに並列して形成されている。各ゲートバスライン112の一端は、ゲートバスライン112を駆動するゲートバスライン駆動回路180に接続されている。ゲートバスライン112に絶縁膜を介して交差して、図中上下方向に延びる複数のドレインバスライン114が互いに並列して形成されている。各ドレインバスライン114の一端は、ドレインバスライン114を駆動するドレインバスライン駆動回路182に接続されている。ゲートバスライン112及びドレインバスライン114の各交差位置近傍には、TFT120が形成されている。TFT120のゲート電極はゲートバスライン112に接続され、ドレイン電極はドレインバスライン114に接続されている。ソース電極は各画素毎に形成された画素電極116に接続されている。

ゲートバスライン112に並列して、複数の蓄積容量バスライン118が形成されている。蓄積容量バスライン118は、各画素の蓄積容量の一方の電極になる。各蓄積容量バスライン118の一端は、1本の共通蓄積容量配線117に電気的に接続されている。共通蓄積容量配線117の一端には、共通蓄積容量端子170が配置されている。共通蓄積容量配線117及び蓄積容量バスライン118には、共通蓄積容量端子170を介して所定の電圧 V_{cs} が印加できるようになっている。

対向基板上のほぼ全面には共通電極142が形成されている。共通電極142は、各画素の液晶容量の一方の電極になる。共通電極142には、共通電極端子172が接続されている。共通電極142には、共通電極端子172を介して所定の電圧 V_c が印加できるようになっている。共通蓄積容量配線117と共通電極142とは、モノマーやオリゴマーを重合してポリマーを形成する工程の後に、電気的に接続してもよい。

図40は、液晶表示パネルの概略の断面構成を示している。図40に示すように、対向して貼り合わされたTFT基板102と対向基板104との間には、液晶106が封止されている。TFT基板102側のガラス基板110上には、TFT120、画素電極116及び垂直配向膜134が形成されている。対向基板104側のガラス基板111上には、カラーフィルタ(CF)樹脂層133、共

通電極 1 4 2 及び垂直配向膜 1 3 5 が形成されている。両基板 1 0 2、1 0 4 間のセルギャップは、T F T 基板 1 0 2 上又は対向基板 1 0 4 上に散布された球状スパーサ 1 4 0 により維持されている。

液晶 1 0 6 に電圧を印加した状態で、図 4 0 の太矢印方向に光（U V 光）を照射すると、液晶 1 0 6 内に添加されたモノマーやオリゴマーが重合してポリマーが形成される。これにより、液晶分子の初期配向状態として所定のプレチルト角が得られる。プレチルト角は、ポリマーが形成される際に液晶 1 0 6 に印加される電圧値が大きいほど小さくなる。

共通電極 1 4 2 と蓄積容量バスライン 1 1 8 との間に交流電圧を印加すると、液晶容量 C_{lc} と蓄積容量 C_s とが直列結合され、その両端に交流電圧が印加される回路が画素毎に形成される。液晶容量 C_{lc} のインピーダンスを Z_{lc} とし、蓄積容量 C_s のインピーダンスを Z_c とすると、所定の交流電圧を印加したときの液晶 1 0 6 への印加電圧は以下の式で表される。

$$\text{液晶への印加電圧} = Z_{lc} / (Z_{lc} + Z_c) \times \text{交流電圧} \quad \cdots \text{(式 1)}$$

次に、本実施の形態による液晶表示装置について図 4 1 を用いて説明する。液晶分子のプレチルト角の異なる領域を 1 画素内に確実に形成するためには、液晶 1 0 6 内に混合したモノマーやオリゴマーを重合する際に、各領域毎に異なる電圧を印加する必要がある。本実施の形態では、互いに電氣的に絶縁された複数の画素電極、あるいは互いに高抵抗を介して接続された複数の画素電極を 1 画素内に形成する。例えば、複数の画素電極と、複数の画素電極にそれぞれ接続された複数の T F T とを 1 画素内に形成する。各画素電極が形成された領域は、画素領域が複数に分割された分割領域となる。

液晶 1 0 6 に U V 光を照射する際には、共通電極 1 4 2 と蓄積容量バスライン 1 1 8 との間に交流電圧を印加する。このとき、各分割領域の液晶 1 0 6 に印加される電圧は、（式 1）に示すように、液晶容量 C_{lc} と蓄積容量 C_s の容量比によって決定される。この結果として、1 画素内の液晶 1 0 6 に複数の異なる電圧を印加することが可能となる。

図 4 1 は、3 つの分割領域が 1 画素内に形成された液晶表示装置の当該 1 画素の等価回路を示している。図 4 1 に示すように、1 つの画素は、3 つの分割領域

α 、 β 、 γ に分割されている。分割領域 α は、直列に接続された液晶容量 C_{1c1} と蓄積容量 C_{s1} とを有している。分割領域 β は、直列に接続された液晶容量 C_{1c2} と蓄積容量 C_{s2} とを有している。分割領域 γ は、直列に接続された液晶容量 C_{1c3} と蓄積容量 C_{s3} とを有している。

共通電極142は、液晶容量 $C_{1c1} \sim C_{1c3}$ の一方の電極になっている。分割領域 α に形成された第1の画素電極は、液晶容量 C_{1c1} の他方の電極になるとともに蓄積容量 C_{s1} の一方の電極になっている。分割領域 β に形成された第2の画素電極は、液晶容量 C_{1c2} の他方の電極になるとともに蓄積容量 C_{s2} の一方の電極になっている。分割領域 γ に形成された第3の画素電極は、液晶容量 C_{1c3} の他方の電極になるとともに蓄積容量 C_{s3} の一方の電極になっている。蓄積容量バスライン118は、蓄積容量 $C_{s1} \sim C_{s3}$ の他方の電極になっている。液晶容量 C_{1c1} 及び蓄積容量 C_{s1} と、液晶容量 C_{1c2} 及び蓄積容量 C_{s2} と、液晶容量 C_{1c3} 及び蓄積容量 C_{s3} とは、互いに並列に接続されている。

液晶106に混入したモノマー又はオリゴマーを重合してポリマーを形成する際には、交流電源174により共通電極142及び蓄積容量バスライン118間に交流電圧を印加しながら例えば液晶106にUV光を照射する。

なお図示していないが、接続点Aには第1のTFTのソース電極が接続され、接続点Bには第2のTFTのソース電極が接続され、接続点Cには第3のTFTのソース電極が接続されている。第1乃至第3のTFTのゲート電極は、同一のゲートバスラインに接続され、ドレイン電極は同一のドレインバスラインに接続されている。ポリマーを形成する工程では、第1乃至第3のTFTはいずれもオフ状態で高抵抗を維持している。

TFTの高抵抗状態が不十分な場合には、例えばゲートバスラインに低電圧を印加したり、例えばp-Siを用いた場合であればTFTを複数用いたりしてリーク電流を防ぐことも可能である。また、重合時に印加する交流電圧の周波数を高くすることでリーク電流を防ぐことも可能である。

以下、本実施の形態による液晶表示装置及びその製造方法について具体的実施例を用いて説明する。

(実施例 4-1)

まず、本実施の形態の実施例 4-1 による液晶表示装置について図 4 2 乃至図 4 6 を用いて説明する。図 4 2 は、本実施例による液晶表示装置の構成を示している。図 4 3 は、本実施例による液晶表示装置の 1 画素の等価回路を示している。図 4 2 及び図 4 3 に示すように、1 画素には、ゲートバスライン 1 1 2 を挟んで互いに分離された 2 つの画素電極 1 1 6 a、1 1 6 b が形成されている。画素電極 1 1 6 a が形成された領域は分割領域 α となり、画素電極 1 1 6 b が形成された領域は分割領域 β となる。画素電極 1 1 6 a は、TFT 1 2 0 a のソース電極に電氣的に接続されている。画素電極 1 1 6 b は、TFT 1 2 0 b のソース電極に電氣的に接続されている。両 TFT 1 2 0 a、2 0 b のゲート電極は同一のゲートバスライン 1 1 2 に電氣的に接続され、ドレイン電極は同一のドレインバスライン 1 1 4 に電氣的に接続されている。

共通電極 1 4 2 (図 4 2 では図示せず) は、液晶容量 C_{1c1} 、 C_{1c2} の一方の電極になっている。画素電極 1 1 6 a は、液晶容量 C_{1c1} の他方の電極になるとともに蓄積容量 C_{s1} の一方の電極になっている。画素電極 1 1 6 b は、液晶容量 C_{1c2} の他方の電極になるとともに蓄積容量 C_{s2} の一方の電極になっている。蓄積容量バスライン 1 1 8 は、蓄積容量 C_{s1} 、 C_{s2} の他方の電極になっている。液晶容量 C_{1c1} 及び蓄積容量 C_{s1} と、液晶容量 C_{1c2} 及び蓄積容量 C_{s2} とは、互いに並列に接続されている。

2 つの分割領域 α 、 β で、液晶分子のプレチルト角を異ならせるためには、液晶容量 C_{1c} と蓄積容量 C_s との容量比が分割領域毎に変わるように液晶表示パネルを作製し、液晶 1 0 6 に異なる電圧が印加されるようにすればよい。すなわち、次式を満たすように液晶表示パネルを作製すればよい。

$$C_{s1} / (C_{s1} + C_{1c1}) \neq C_{s2} / (C_{s2} + C_{1c2})$$

分割領域 α 、 β で液晶 1 0 6 に印加される電圧の差を例えば 1 0 V にするには、例えば交流電圧を ± 30 V、 $C_{1c1} : C_{s1} = 200 \text{ fF} : 150 \text{ fF}$ ($1 \text{ fF} = 10^{-15} \text{ F}$)、 $C_{1c2} : C_{s2} = 50 \text{ fF} : 164 \text{ fF}$ とする。これにより、分割領域 α の液晶 1 0 6 には ± 13 V の電圧が印加され、分割領域 β の液晶 1 0 6 には分割領域 α より大きい ± 23 V の電圧が印加される。したがっ

て、分割領域 β でのプレチルト角は、分割領域 α でのプレチルト角より小さくなる。

また、各分割領域 α 、 β で形成される容量（ C_{lc} と C_s の和）を一致させるには、例えば交流電圧 $\pm 23\text{ V}$ 、 $C_{lc1} : C_{s1} = 200\text{ fF} : 150\text{ fF}$ 、 $C_{lc2} : C_{s2} = 50\text{ fF} : 300\text{ fF}$ とする。これにより、分割領域 α の液晶106には $\pm 10\text{ V}$ の電圧が印加され、分割領域 β の液晶106には $\pm 20\text{ V}$ の電圧が印加される。したがって分割領域 β でのプレチルト角は、分割領域 α でのプレチルト角より小さくなる。

図44は、本実施例による液晶表示装置の構成の変形例を示している。図44に示すように、本変形例では、ドレインバスライン114と画素電極116bとの間にTFT120bが形成され、画素電極116bと画素電極116aとの間にTFT120aが形成されている。すなわち、TFT120bのドレイン電極はドレインバスライン114に接続され、ソース電極は画素電極116bに接続されている。TFT120aのドレイン電極は画素電極116bに接続され、ソース電極は画素電極116aに接続されている。TFT120a、20bのゲート電極は、同一のゲートバスライン112の一部である。画素電極116a、116bは、TFT120aを介して互いに分離されている。なお、例えばp-Siを用いて形成されたTFT等を用いる場合、3つ以上の分割領域を形成し、各分割領域に接続されるTFTを直列に接続することも可能である。

図45は、本実施例による液晶表示装置の構成の他の変形例を示している。図45に示すように、本変形例では、ドレインバスライン114と画素電極116aとの間にTFT120aが形成され、画素電極116aと画素電極116bとの間にTFT120bが形成されている。すなわち、TFT120aのドレイン電極はドレインバスライン114に接続され、ソース電極は画素電極116aに接続されている。TFT120bのドレイン電極は画素電極116aに接続され、ソース電極は画素電極116bに接続されている。TFT120a、20bのゲート電極は、同一のゲートバスライン112の一部である。画素電極116a、116bは、TFT120bを介して互いに分離されている。

図46は、本実施例による液晶表示装置の構成のさらに他の変形例を示してい

る。図46に示すように、本変形例では、画素電極116aと画素電極116bとの間にTFT120bが形成されている。TFT120aのゲート電極はゲートバスライン112の一部であり、TFT120bのゲート電極は他のゲートバスライン112'の一部である。蓄積容量Cs1は画素電極116aと蓄積容量バスライン118との間で形成され、蓄積容量Cs2は画素電極116aに電気的に接続された蓄積容量電極119と蓄積容量バスライン118との間で形成されている。画素電極116a、116bは、TFT120bを介して互いに分離されている。TFT120bは、液晶106にUV光を照射する工程ではオフ状態になっている。また、実駆動時のゲートバスライン112'には常に所定の電圧が印加され、実駆動時のTFT120bは常にオン状態になっている。

本実施例によれば、複数の分割領域毎に異なるプレチルト角を付与できるため、表示画面に対して斜め方向から見ると表示画像が白っぽく見えてしまうという問題を回避でき、良好な表示特性が得られる。

(実施例4-2)

次に、本実施の形態の実施例4-2による液晶表示装置について図47を用いて説明する。液晶表示装置の実駆動時での各画素電極の最終的な画素電位は、各バスラインの電圧波形の影響を受ける。特に、ゲート波形の影響による画素電位の変動は大きい場合が多い。本実施の形態では、寄生容量Cgsの値を例えば2つの分割領域α、β間で適正な値に設定することで、画素電位の変動の影響を抑制する。

図47は、本実施例による液晶表示装置の1画素の等価回路を示している。図47に示すように、1画素内には、画素電極116aが形成された分割領域αと、画素電極116bが形成された分割領域βとが形成されている。共通電極142と蓄積容量バスライン118は、液晶106内のモノマーやオリゴマーを重合した後に接続されたものである。一般に、画素電極116a、116bでは、実駆動時のゲート波形に起因するフィードスルー電圧の値が異なる。各画素電極116a、116bでのフィードスルー電圧の値をほぼ同一にするためには、次式が成立するようにCgs1、Cgs2の大きさを設計すればよい。

$$C_{gs1} / (C_{s1} + C_{lc1}) = C_{gs2} / (C_{s2} + C_{lc2})$$

本実施例によれば、液晶表示装置の表示品質の低下を防止できる。また、各画素電極 116 a、116 b でのフィードスルー電圧の値が同一でなくても、次式が成立するように C_{gs1} 、 C_{gs2} の大きさを設計すれば、表示品質の低下を抑制できる。

$$0.7 < [C_{gs1} / (C_{s1} + C_{lc1})] / [C_{gs2} / (C_{s2} + C_{lc2})] < 1.3$$

(実施例 4-3)

本実施の形態の実施例 4-3 による液晶表示装置について図 48 を用いて説明する。図 48 は、本実施例による液晶表示装置の 1 画素の等価回路を示している。図 48 に示すように、本実施例では、分割領域 α 、 β 毎に蓄積容量バスライン 118、118' が形成されている。画素毎に形成される TFT 120 は、(1) 重合時に液晶 106 に印加する電圧、(2) 実駆動時に画素を駆動する能力、(3) 各種のむらを補償する画素容量との比などのバランスを考慮して設計する必要がある。蓄積容量バスライン 118、118' を分割領域 α 、 β 毎に独立に形成すれば、複数の交流電源 174、174' を用いて、分割領域 α 、 β 毎に異なる振幅及び周波数の交流電圧を液晶 106 に印加することが可能になり、上記 (1) の制約が大幅に緩和される。

(実施例 4-4)

本実施の形態の実施例 4-4 による液晶表示装置について図 49 を用いて説明する。図 49 は、本実施例による液晶表示装置の 1 画素の等価回路を示している。図 49 に示すように、本実施例による液晶表示装置は、ゲートバスライン 112 が蓄積容量 C_s の一方の電極となる $C_{s-on-Gate}$ 構造を有している。蓄積容量 $C_{s1} \sim C_{s3}$ は、各画素電極 116 a ~ 116 c とゲートバスライン 112 との間にそれぞれ形成されている。本実施例によっても、実施例 4-1 と同様に、液晶容量 C_{lc} と蓄積容量 C_s との容量比が分割領域毎に変わるように液晶表示パネルを作製することにより、分割領域毎に異なる電圧を液晶 106 に印加できる。また、各画素電極 116 a ~ 116 c とゲートバスライン 112 との間に形成された蓄積容量 C_s と、各画素電極 116 a ~ 116 c と蓄積容量バスライン 118 との間に形成された蓄積容量 C_s とを組み合わせることも可

能である。

本実施の形態によれば、良好な表示特性の得られる液晶表示措置を実現できる。

〔第5の実施の形態〕

次に、本発明の第5の実施の形態による液晶表示装置の製造方法について図50乃至図55Dを用いて説明する。本実施の形態は、VAモードの液晶表示装置を製造する方法において、液晶の配向規制を行う液晶表示装置を製造する方法に関する。

広視野角の液晶表示装置を実現する技術として、MVA-LCDが提案されている（例えば、特許文献3参照）。MVA-LCDでは、電圧が印加されていないときには液晶分子が基板面にほぼ垂直に配向する。電圧が印加されると、液晶分子は1画素内で4つの領域に分かれてそれぞれ異なる4方向に傾く。各領域の視角特性が混合される結果、広い視野角が得られる。

一方、液晶分子にプレチルト角を付与する方法として、重合可能な樹脂（重合して高分子液晶になる樹脂）を含んだ液晶組成物を液晶表示パネル内に充填し、液晶に電圧を印加しながら光を照射して樹脂を重合させ、液晶分子が倒れた方向の方位角を持つプレチルト角を付与する方法がある（例えば、本願出願人による日本国特許出願（特願2002-90523号））。この方法で与えられるプレチルト角は、光が照射される際に液晶に印加される電圧により変化する。具体的には、印加電圧が大きいほど、液晶分子のプレチルト角は小さくなる（すなわち基板面に垂直な方向からの傾き角が大きくなる）傾向にある。

MVA-LCDでは、白又は黒を表示した際に、上下左右方向の視角において傾き角 80° でコントラスト比10以上が実現されている。MVA-LCDでは、樹脂などで構成された土手状の配向規制用構造物を少なくとも一方の基板上に形成し、液晶分子の配向方向をあらかじめ定める必要がある。

ところが、通常のMVA-LCDは、視野角に対する色度再現性の特性が劣るという欠点を有している。これは、液晶分子の配向方向が複数ある場合に見受けられる。液晶分子の配向の方位角が互いに反対になる場合（ 180° 異なる場

合)、斜め方向から見たときのそれぞれの方位角におけるT-V特性に差が生じる。実際に斜め方向から見た場合には、それぞれの方位角におけるT-V特性を合成したT-V特性となる。このため、白黒表示の場合は問題にならないが、色を持った画像を表示する場合、正面から見たときと斜め方向から見たときとは、色調の変化が大きくなってしまう。

このため、表示画面を斜め方向から見たときのT-V特性の変化を減らす必要がある。特に、低階調で発生するT-V特性の逆転現象をなくすか、なくすことができなくても低階調における輝度の差を減らす必要がある。

これを解決する方法として、1画素内で複数のT-V特性を組み合わせ、斜め方向から見たときのT-V曲線のうねりを緩やかにし、階調視角特性を改善する技術が考えられている。1画素内でT-V特性を変える方法としては、様々な方法が考えられる。ここでは、1画素内で、液晶分子のプレチルト角を複数持つ状態を形成することを考える。

本実施の形態では、重合性成分を混入した液晶に光を照射する際の印加電圧を変えることによってプレチルト角が変化することを利用し、1画素内でプレチルト角を変化させるため、次のような方法を用いる。

(1) 液晶に光を照射する際には、1画素全体に一様に照射するのではなく、マスク等を用いて画素の一部分のみに照射できるようにする。

(2) 光の照射領域を移動させる際に、印加電圧を変える。

上記の方法を用いれば、1画素内に複数のプレチルト角を持たせることができる。このため、1画素内で複数のT-V特性を持つようになり、これらが合成されることによって、斜め方向から見たときと、正面方向から見たときとの視角特性の差を少なくすることができる。これは、斜め方向から見たときの色度ずれを少なくすることに寄与することになる。以下、本実施の形態について具体的実施例を用いて説明する。

(実施例5-1)

まず、本実施の形態の実施例5-1による液晶表示装置の製造方法について図50乃至図52Dを用いて説明する。図50は、本実施例による液晶表示装置の製造方法を用いて作製された液晶表示装置の1画素の構成を示している。図51

は、図50のA-A線で切断した液晶表示装置の概略の断面構成を示している。図50及び図51に示すように、液晶表示装置は、1画素内で液晶分子107が異なる方向に傾斜する2つの配向領域を有している。

TFT基板102上には、共に幅7 μ mのドレインバスライン114とゲートバスライン112とが形成されている。両バスライン112、114で画定された画素領域には、ITOのベタ電極である画素電極116が形成されている。縦方向（ドレインバスライン114が延びる方向、以下同じ）の画素ピッチの幅は例えば300 μ mである。一方、横方向（ゲートバスライン112が延びる方向、以下同じ）の画素ピッチの幅は例えば100 μ mである。画素領域のほぼ中央には、蓄積容量電極119が設けられている。

なお、画素電極116には、液晶106の配向を制御するために、例えば複数の方向に微細スリットが形成されていてもよい。また画素電極116は、1種類又は複数種類の形状を有し、スリットを介して互いに隣接する複数の電極ユニットが組み合わされて形成されていてもよい。

図示していないが、TFT基板102に対向配置される対向基板104側には、縦方向の幅23 μ mのブラックマトリクス（BM）が、画素ピッチと同じ300 \times 100 μ mピッチで設けられている。BMの開口部には、それぞれR、G、BのCF樹脂層が形成されている。CF樹脂層上のほぼ基板全面には、ITOのベタ電極である共通電極142が形成されている。両基板102、104間には、重合可能な樹脂（これは重合して高分子液晶になる）を含む液晶（液晶組成物）6が充填され、封止されている。

以上のような構成の液晶表示パネルに対して、対向基板104側から光を照射して重合性成分を重合させることになるが、1画素全体に一様に光を照射するのではなく、マスク（フォトリソマスク）50を用いて部分的に光を照射する。具体的には、例えば幅20 μ mで左右方向に延びるスリット状の開口部151を有するマスク150を用いる。開口部151は、画素領域の上下方向の幅よりも狭い幅を有している。開口部151は、画素ピッチと同じ300 μ mピッチで設けられている。

図52A乃至図52Dは、本実施例による液晶表示装置の製造方法を示す断面

図である。まず、図 5 2 A に示すように、画素領域の中央部と開口部 1 5 1 とを位置合わせして、マスク 1 5 0 を対向基板 1 0 4 の直上に配置する。散乱した光 1 5 2 をマスク 1 5 0 の上方から照射すると、開口部 1 5 1 を介して領域 a の液晶 1 0 6 に光 1 5 2 が照射され、重合性成分が重合する。このとき、液晶 1 0 6 に印加する電圧は 0 V（無印加）とする。領域 a では、電圧無印加の状態では重合性成分が重合するため、プレチルト角は垂直（90°）となる。

次に、図 5 2 B に示すように、画素領域の中央部と開口部 1 5 1 との平面的な位置関係は変化させずに、マスク 1 5 0 を液晶表示パネルに対して相対的に上昇させる（例えばマスク 1 5 0 下面と対向基板 1 0 4 上面との間隔 50 μm ）。マスク 1 5 0 と液晶表示パネルとの間隔が広がるため、開口部 1 5 1 を介して光 1 5 2 が照射される領域は広くなり、領域 a に加えて領域 b に光 1 5 2 が照射されることになる。このとき、液晶 1 0 6 には例えば 2.5 V の電圧を印加する。これにより、領域 b では液晶分子 1 0 7 が倒れた状態で光 1 5 2 が照射されることになる。領域 b では液晶が倒れた状態で光が照射されるため、液晶分子が倒れた方向に所定のプレチルト角が与えられる。領域 a では既にプレチルト角が付与されているため、プレチルト角が変化することはない。

この後、図 5 2 C、図 5 2 D に示すように、光 1 5 2 を照射する範囲を徐々に広げ、液晶 1 0 6 に印加する電圧を徐々に上昇させる。これにより、画素中央部の領域 a の液晶分子 1 0 7 には大きいプレチルト角が付与され、領域 b、c、d の液晶分子 1 0 7 にはこの順に徐々に小さくなるプレチルト角が付与される。すなわち、1 画素内の液晶分子 1 0 7 に複数のプレチルト角を持たせることが可能となるため、1 画素で複数の T-V 特性を持つことになる。これにより、斜め方向から見たときの色度特性を改善させることが可能になる。

（実施例 5-2）

次に、本実施の形態の実施例 5-2 による液晶表示装置の製造方法について図 5 3 A 乃至図 5 3 D を用いて説明する。図 5 3 A 乃至図 5 3 D は、本実施例による液晶表示装置の製造方法を示す断面図である。本実施例は、実施例 5-1 と比較して、マスク 1 5 0 の移動方向が異なる点に特徴を有している。図 5 3 A ～図 5 3 D に示すように、本実施例では、マスク 1 5 0 を画素領域の中央部から長手

方向（図 5 3 A 乃至図 5 3 D では左右方向）に移動させて光 1 5 2 の照射範囲を徐々に移動させるとともに、液晶 1 0 6 に対する印加電圧を徐々に上昇させる。これにより、画素中央部の領域 a の液晶分子 1 0 7 には大きいプレチルト角が付与され、領域 b、c、d の液晶分子 1 0 7 にはこの順に徐々に小さくなるプレチルト角が付与される。すなわち、1 画素内の液晶分子 1 0 7 に複数のプレチルト角を持たせることが可能となるため、1 画素で複数の T－V 特性を持つことになる。これにより、斜め方向から見たときの色度特性を改善させることが可能になる。

（実施例 5－3）

次に、本実施の形態の実施例 5－3 による液晶表示装置の製造方法について図 5 4 A 乃至図 5 4 D を用いて説明する。図 5 4 A 乃至図 5 4 D は、本実施例による液晶表示装置の製造方法を示す断面図である。本実施例は、実施例 5－1 と比較して、光の散乱性を制御できる光学系を用い、マスク 1 5 0 を移動させずに、光 1 5 2 の散乱性を変化させる点に特徴を有している。図 5 4 A に示すように、マスク 1 5 0 の開口部 1 5 1 は、画素領域の幅より狭い幅を有し、画素領域の中央部上に位置合わせされている。初期段階では光 1 5 2 の散乱性は比較的低下しているため、光 1 5 2 が照射される領域は狭くなっている。その後、図 5 4 B ～図 5 4 D に示すように、光の散乱性を徐々に高めるとともに、液晶 1 0 6 に対する印加電圧を徐々に上昇させる。これにより、画素中央部の領域 a の液晶分子 1 0 7 には大きいプレチルト角が付与され、領域 b、c、d の液晶分子 1 0 7 にはこの順に徐々に小さくなるプレチルト角が付与される。すなわち、1 画素内の液晶分子 1 0 7 に複数のプレチルト角を持たせることが可能となるため、1 画素で複数の T－V 特性を持つことになる。これにより、斜め方向から見たときの色度特性を改善させることが可能になる。

（実施例 5－4）

次に、本実施の形態の実施例 5－4 による液晶表示装置の製造方法について図 5 5 A 乃至図 5 5 D を用いて説明する。図 5 5 A 乃至図 5 5 D は、本実施例による液晶表示装置の製造方法を示す断面図である。本実施例は、光 1 5 2 を照射する前に、対向基板 1 0 4 側のガラス基板 1 1 1 の光照射面側表面（図 5 5 A 乃至

図 5 5 Dでは上方の表面) 上に、例えば金属層からなるマスク 1 5 4 を形成する工程を有している。また本実施例は、光 1 5 2 を照射して液晶 1 0 6 内の重合性成分を重合させた後に、マスク 1 5 4 を除去する工程を有している。また本実施例では、実施例 5 - 3 と同様に、光の散乱性を制御できる光学系を用い、光 1 5 2 の散乱性を変化させている。

図 5 5 A に示すように、マスク 1 5 4 には、画素領域の幅より狭い幅を有する開口部 1 5 1 が画素領域の中央部上に形成されている。初期段階では光 1 5 2 の散乱性は比較的低くなっているため、光 1 5 2 が照射される領域は狭くなっている。その後、図 5 4 B ~ 図 5 4 D に示すように、光の散乱性を徐々に高めるとともに、液晶 1 0 6 に対する印加電圧を徐々に上昇させる。これにより、画素中央部の領域 a の液晶分子 1 0 7 には大きいプレチルト角が付与され、領域 b、c、d の液晶分子 1 0 7 にはこの順に徐々に小さくなるプレチルト角が付与される。その後、ガラス基板 1 1 1 に形成されたマスク 1 5 4 を除去する。本実施例によれば、1 画素内の液晶分子 1 0 7 に複数のプレチルト角を持たせることが可能となるため、1 画素で複数の T - V 特性を持つことになる。これにより、斜め方向から見たときの色度特性を改善させることが可能になる。

本発明は、上記実施の形態に限らず種々の変形が可能である。

例えば、上記実施の形態では透過型の液晶表示装置を例に挙げたが、本発明はこれに限らず、反射型や半透過型等の他の液晶表示装置にも適用できる。

また、上記実施の形態では、対向基板 1 0 4 上に C F が形成された液晶表示装置を例に挙げたが、本発明はこれに限らず、T F T 基板 1 0 2 上に C F が形成された、いわゆる C F - o n - T F T 構造の液晶表示装置にも適用できる。

〔第 6 の実施の形態〕

本実施の形態は、液晶表示装置に関し、特に、基板上に設けた構造物を利用して電圧印加時の液晶配向方位を異なる複数の方位に制御するマルチドメイン垂直配向 (M V A) 型の液晶表示装置に関する。M V A 型の液晶表示装置においては、製造の容易性や表示性能を犠牲にすること無く液晶配向の安定性を高め、応答特性や表示不良を改善することが望まれている。

近年、液晶表示装置は薄型・軽量、低電圧駆動、低消費電力といった特徴をいかして、様々な用途に広く用いられるようになってきた。

しかし、液晶パネルを斜めから見たときの表示特性、すなわち視野角特性はCRTに比べて劣るのが現状である。したがって、視野角特性の優れた液晶パネルが要望されている。液晶表示装置において視角特性の低下は、パネルへの入射光線が傾斜した液晶分子となす角度が入射方位により異なるためである。視野角特性の優れた液晶パネルとして、マルチドメイン垂直配向(MVA)型液晶パネルが実用化されており、特開平11-242225号公報はその構成を開示している。

図56は垂直配向(VA)型液晶表示装置の断面形状の例を示す図である。図示のように、液晶表示装置は、2枚のガラス基板202、205をスペーサ207を介して所定の厚さになるように貼り合せ、基板の周辺をシール材203でシールした後、液晶を入れて液晶層204を形成してから封止する。基板202、205の両側には偏光板201、206を配置する。更に位相差フィルムなどが配置される場合もある。2枚のガラス基板202、205のうちの少なくとも一方の基板(ここでは基板205)の表面に駆動用の電極パターンが形成され、参照番号208で示す部分に設けられた端子を介して外部から駆動信号が印加される。MVA型においては、ガラス基板の上の電極上に垂直配向膜が形成される。

図57は、MVA型液晶表示装置の電極パターンの例を示す図である。現在の技術的な主流であるTFT方式の液晶表示装置では、複数のゲートバスライン211を平行に配置し、それと垂直な方向に複数のドレインバスライン212を平行に配置し、ゲートバスライン211とドレインバスライン212とで区切られた領域に画素電極215を設け、ゲートバスライン211とドレインバスライン212の交差部に画素電極215を駆動するためのTFT213を設ける。更に、ゲートバスライン211の間にCsバスライン214が設けられ、画素電極215のCsバスライン214と重なる部分に補助容量電極218が設けられる。

図58A及び図58Bは、MVA型液晶表示装置での構造物(ここでは電極上の誘電体の突起(土手))による配向制御を説明する図であり、図58Aは電圧

無印加時の状態を、図 5 8 B は電圧印加時の状態を示す。図 5 8 A に示すように、ガラス基板 2 0 2 の上には表示面全面に広がる透明な対向電極 2 2 0 が形成され、その上に突起 2 3 1 が形成され、その上に垂直配向膜 2 2 1 が形成されている。ガラス基板 2 0 5 の上には画素電極 2 1 5 が形成され、その上に突起 2 3 1 が形成され、更にその上に垂直配向膜 2 2 2 が形成されている。

図 5 8 A に示すように、画素電極 2 1 5 と対向電極 2 2 0 の間に電圧を印加しない電圧無印加時には、液晶分子 2 1 0 は基板 2 0 2、2 0 5 にほぼ垂直に配向する。ただし、突起 2 3 1 の付近では突起の斜面に影響されて若干傾斜して配向している。図 5 8 B に示すように、画素電極 2 1 5 と対向電極 2 2 0 の間に電圧を印加すると、液晶分子 2 1 0 は電界による傾斜する。単に電圧を印加するだけでは傾斜する方向（配向方位）は規定されないが、上記のように突起 2 3 1 付近の液晶分子 2 1 0 は電圧無印加時に突起 2 3 1 の表面に垂直になる方向に傾斜しており、周辺の液晶分子はこれらのあらかじめ傾斜した液晶分子に従って配向する。すなわち、突起 2 3 1 を境として配向方位が異なる。図示のように、ガラス基板 2 0 2 上の突起による配向方位と隣接するガラス基板 2 0 5 上の突起による配向方位は同じであるので、2 枚のガラス基板上の隣接する突起間に安定した配向状態が形成される。このような液晶の配向方位の異なる領域を形成する技術を配向分割技術と呼び、液晶分子が同じ方向に配向する領域をドメインと呼んでいる。

図 5 8 A 及び図 5 8 B では、電極上に設けた誘電体の突起を配向制御用の構造物として使用する例を示したが、表示領域内の電極を局所的に除いた電極スリットや、電極上に設けた誘電体層の窪みなども電極の配向制御用の構造物として使用できる。

図 5 9 は、画素電極 2 1 5 に設けた電極スリット 2 1 6 を配向制御用の構造物として使用する例を示す。図示のように、電極スリット 2 1 6 及び隣接する画素電極 2 1 5 の間の部分 2 1 7 が配向制御用の構造物として働き、液晶分子の配向方位を分割する。

図 5 7 の電極パターンでは、画素電極スリット 2 1 6 と対向基板に設けられた突起 2 1 7 が平行で交互に設けられ、画素の上半分と下半分で画素電極スリット

2 1 6 及び突起 2 1 7 が伸びる方向が 90° 異なる。これにより、1 画素領域は、液晶が 4 つの方向に倒れる領域、すなわち 4 つのドメインに分割されている。このように、1 画素領域内に 4 つのドメインを形成することにより、単独の方向にしか倒れない場合に比べて視野角の偏りを平均化することができ、視野角特性を大幅に改善できる。

配向分割用構造物は、両側の基板に設ける場合もあるし、片側の基板だけに設ける場合もある。例えば、図 5 8 A 及び図 5 8 B では突起を両側の基板に設けているが、一方の基板にのみ設ける場合もある。同様に、図 5 9 では電極スリットを片側の基板に設けているが、両側の基板に設ける場合もある。更に、図 5 7 に示すように、電極スリットと突起を設ける場合もある。

図 6 0 は、MVA 型液晶表示装置の印加電圧—透過率特性（ $T-V$ 特性）を正面と上側 60° から測定した結果を示している。問題は図中、丸 P で示した部分において輝度変化の歪が起きていることである。例えば正面から見たグラフで Q で示した比較的暗い輝度の点は上側 60° では明るく変化し、その一方で R で示した比較的明るい輝度の点は暗くなってしまう。この結果、斜めから見た時お互いの輝度差がなくなってしまう。この現象がもっとも顕著に見えるのは色の変化である。斜めから見ると画像の色が白っぽく変化してしまう。この画像の RGB 3 原色の階調ヒストグラムを調べると、比較的明るく分布している赤が暗めに変化する一方で、元々暗かった緑や青が明るくなってくるため色が白くなっていく。これをここでは白茶け現象と呼ぶ。

この白茶け現象を改善するため、1 画素を複数の副画素で構成し、電氣的に全ての副画素は容量結合の関係にあるようにする改善方法が知られている。トランジスタを介して電圧が印加された場合、容量比に従って電位が分割されるため、各副画素には異なる電圧が印加され、副画素で $T-V$ 特性が異なることになる。これにより、図 6 1 に示したように、明るい画素では透過率が比較的小さな印加電圧に対して増加を開始し、暗い画素では透過率がより大きな印加電圧に対して増加を開始する。明るい画素と暗い画素の割合を適当に設定することにより、明るい画素による透過率特性は A で示され、暗い画素による透過率特性は B で示され、全体としてはそれらを合成した透過率特性 C が得られる。このように、特性

のひずみが複数の副画素に分散されるため歪みが分かりにくくなる。このような手法を容量結合によるHT（ハーフトーン・グレースケール）法と呼ぶ。

しかし、容量結合によるHT法は、構造が非常に複雑で欠陥が発生しやすく、製造が難しい上に、開口率も大きく減少するという問題がある。

また、容量結合によるHT法は駆動電圧が高くなってしまいうという問題がある。容量結合により電圧がロスするため、分割を増やすほど駆動電圧は高くなってしまふ。駆動電圧が高くなると高耐圧のドライバICが必要になり、コスト的に不利になる。

更に、容量結合によるHT法は副画素により電位差を設けるため、特性の合成がデジタル的になってしまい、傾斜を持ったりニアに変化する理想状態に比べて特性が劣るという問題がある。

以上のように容量結合によるHT法は効果があっても欠点が大きすぎるため、現在の時点で採用して生産されている製品は存在しない。

本実施の形態は、MVA型液晶表示装置において、より簡単な構成でHT法を実現することを目的とする。

本実施の形態は、MVA型液晶表示装置において使用される構造物の密度により閾値電圧が異なることに着目し、1画素領域内において、構造物の密度を異ならせて画素内で閾値電圧を異ならせ、HT法を実現する。MVA型液晶表示装置では、配向制御手段として構造物が使用されており、構造物のパターンを変化させるだけで構造物の密度を異ならせることが可能である。従って、例えば製造工程を増加させることなく容易に構造物の密度を異ならせることが可能であり、部分的に閾値電圧を異ならせてHT法が実現できる。

図62A及び図62Bは、配向制御用構造物として突起を使用した場合の、構造物の配置密度を説明する図である。図62Aは、両側の基板202と205の電極241と242上にそれぞれ1方向に伸びる突起231を交互に配置した場合を示す。図示していないが、電極及び突起の上には垂直配向膜が形成される。突起231の幅をL、隣接する突起231の間隙をSで表す。図62Bは、一方の基板の電極上のみに1方向に伸びる突起231を交互に配置した場合を示す。この場合も、電極及び突起の上には垂直配向膜が形成され、突起231の幅を

L、隣接する突起 2 3 1 の間隙を S で表す。

図 6 3 は、配向制御用構造物として図 6 2 A のような突起を備える M V A 型液晶表示装置において、隣接する突起の間隙 S を変化させた時の T - V 特性を示した図である。なお、この装置では、液晶層の厚さ（セル厚）が $4\ \mu\text{m}$ で、突起（土手）の高さは $1.5\ \mu\text{m}$ で、突起の幅 L が $5\ \mu\text{m}$ で、液晶としてメルク社製のネガ方液晶を使用し、配向膜として J S R 株式会社製の垂直配向膜を使用した。

図 6 4 は、隣接する突起の間隙 S に対する閾値電圧の変化を示す図である。図 6 3 及び図 6 4 に示すように、隣接する突起の間隙 S が $10\ \mu\text{m}$ より小さくなると、S が $15\sim 25\ \mu\text{m}$ の場合に比べて閾値電圧が $0.5\ \text{V}\sim 1\ \text{V}$ 程度低くなることが分かる。すなわち、閾値電圧が低下するのは、隣接する突起の間隙 S がセル厚の約 3 倍以下の場合である。

図 6 5 A 及び図 6 5 B は、この原因を説明する図である。図 6 5 A に示すように、S が小さいと隣接する突起 2 3 1 の中間の液晶分子 2 1 0 は電圧無印加時にも傾斜し（プレチルト）、より低い電圧で液晶分子 2 1 0 が傾斜するようになる。図 6 5 B に示すように、S が上記の条件より大きいと、隣接する突起 2 3 1 の中間の液晶分子 2 1 0 は電圧無印加時には突起の影響を受けにくくなり、基板面にほぼ垂直に配向する。垂直に配向した領域は、液晶分子の長軸方向が電界の向きに対して平行となるため傾斜し難く、閾値低下は発生しない。従って、突起付近の液晶のプレチルトがきっかけとなって傾斜する通常の M V A 型と同様の動作となる。

図 6 6 は、配向制御用構造物として図 6 2 B のような突起を備える M V A 型液晶表示装置において、隣接する突起の間隙 S を変化させた時の T - V 特性を示した図である。なお、この装置のほかの条件は図 6 3 の場合と同様であり、液晶層の厚さ（セル厚）が $4\ \mu\text{m}$ で、突起（土手）の高さは $1.5\ \mu\text{m}$ で、突起の幅 L が $5\ \mu\text{m}$ で、液晶として M J 9 6 1 2 1 3 を使用し、配向膜として J A L S - 6 8 4 を使用した。

図 6 6 に示すように、一方の基板上にのみ突起（土手）を配置した場合には、上下に広い間隔で突起を設ける従来の M V A の閾値電圧に比べて、突起の間隙 S

を密にすることで閾値電圧が0.8 V程度高くなることが分かる。

図6-7-A乃至図6-7-Cは、一方の基板上にのみ突起（土手）を高密度に配置した場合の液晶の動作を説明する図である。この場合、液晶分子は図6-5-A及び図6-5-Bで説明した液晶分子の動作とまったく異なる原理で動作する。図6-7-Aに示すように、印加電圧が小さい場合には、液晶分子2-1-0は突起（土手）2-3-1に対して垂直の方位でごくわずかにだけ傾斜する。これは、隣接する突起に対して傾斜する方位が 180° 異なるが、隣接している突起2-3-1がごく近くにあるため十分に傾斜できないためであると考えられる。そのため、光はほとんど透過しない。この状態で印加電圧を高くすると、液晶分子2-1-0は更に傾斜するが、隣接している突起2-3-1がごく近くにあるため配向方位が 180° 異なる方向には傾斜できず、図6-7-Bに示すように、液晶の傾斜する方位が突起の伸びる方向に対して 90° の方向から徐々に変化し、配向方位が突起の伸びる方向に対して斜めになる。この状態では液晶分子はまだ十分に傾斜できない。そして更に印加電圧を高くすると、図6-7-Cに示すように、配向方位が突起の伸びる方向と平行になる。この状態で、液晶分子は十分に傾斜できるようになる。このように、印加電圧の低い状態では液晶分子は隣接する突起による配向方位が逆であるため、傾斜し難く、閾値電圧が高くなると考えられる。

以上のように、突起を図6-2-Aに示すように両側の基板に配置し、突起の間隙Sをセル厚の約3倍以下にすると閾値電圧を0.5 V～1 V程度低くでき、突起を図6-2-Bに示すように片側の基板にのみ配置し、突起の間隙Sを狭くすると閾値電圧を0.8 V程度高くすることができる。したがって、図6-2-A及び図6-2-Bに示すような突起配置を利用して、1画素領域内に、閾値電圧を高くする第1領域と閾値電圧を低くする第2領域とを設ければ、HT法により視角特性を改善できる。

第1領域と第2領域は、第1と第2の基板のいずれか一方又は両方に設けることが可能である。第1と第2の基板の一方のみが第1領域と第2領域とを備える場合には、他方の基板には配向制御手段用の構造物を設けないか、設ける場合には一方の基板の第2領域に対向するように直線状の構造物を設ける。

第1と第2の基板の両方に第1領域と第2領域とを設ける場合には、第1の基

板の第1領域が第2の基板の第2領域に対向し、第2の基板の第1領域が第1の基板の第2領域に対向するように配置する。

第1領域に配置された直線状の複数本の構造物と第2領域に配置された直線状の複数本の構造物は、概ね平行である場合と、互いに直交する方向に伸びる場合がある。

構造物は、液晶層に突き出た突起、液晶層と反対側に凹んだ窪み、又は表示領域内の電極を局所的に除いた電極スリットで実現できる。いずれの構造物の場合も、幅、配列ピッチ、電気抵抗の少なくとも1つを第1領域と第2領域で異なせて所望の閾値電圧特性などが得られるようにすることが望ましい。

(実施例6-1)

本実施例6-1のMVA型液晶表示装置は、配向規制用構造物として使用される突起（土手）のパターンが異なる以外、従来のMVA型液晶表示装置と同様の構成を有する。第1実施例のMVA型液晶表示装置の突起（土手）パターンは各種の例があり得る。

図68A乃至図68Cは第1実施例のMVA型液晶表示装置の突起（土手）パターンの断面を示す図であり、図69A及び図69Bは本実施例のMVA型液晶表示装置の突起（土手）パターンの平面形状を示す図である。図68A乃至図69Bに示すように、本実施例では、複数本の突起（土手）231が同じ方向に平行に伸びる。

図68Aの例では、一方の基板205の電極242の上にのみ突起231を設ける。図示のように、間隙S1で近接して配置した3本の突起231を1つのグループとし、各グループを広い間隙S2で配置する。突起の幅は $3\mu\text{m}$ であり、間隙S1は例えば $3\mu\text{m}$ であり、間隙S2は例えば $30\mu\text{m}$ である。突起が近接して配置された領域Aでは閾値電圧が高くなり、隣接する突起との間隙が広い領域Bでは閾値電圧が領域Aの閾値電圧より低くなる。領域Bでは、両側の突起による配向方位が 180° 異なるので、途中にドメインの境界ができる。このドメインの境界位置は制御できないため、この例にはドメインの大きさが不安定であるという問題がある。

図68Bの例では、両方の基板202と205の電極241と242のそれぞ

れの上に、間隙 S 1 で近接して配置した 3 本の突起 2 3 1 を 1 つのグループとし、各グループを広い間隙 S 3 で配置し、上下の基板の隣接する 3 本の突起 2 3 1 のグループの間隙が同じ S 4 になるように配置する。間隙 S 1 は例えば $3\ \mu\text{m}$ であり、間隙 S 4 は例えば $25\ \mu\text{m}$ である。突起が近接して配置された領域 D では閾値電圧が高くなり、隣接する突起との間隙が広い領域 C と E では閾値電圧が領域 D の閾値電圧より低くなる。領域 C と E では、1 方向の安定したドメインが形成でき、領域 C と領域 D では配向方位が 180° 異なる。領域 C と E の閾値電圧をより小さくする場合には、S 4 は $10\ \mu\text{m}$ 以下にする。

図 6 8 C の例では、一方の基板 2 0 5 の電極 2 4 2 の上に、間隙 S 1 で近接して配置した 3 本の突起 2 3 1 を 1 つのグループとし、各グループを広い間隙 S 5 で配置する。他方の基板 2 0 2 の電極 2 4 1 の上には、更に広い間隙 S 6 で 1 本の突起 2 3 1 を配置し、上下の基板の隣接する突起 2 3 1 の間隙が同じ S 7 になるように配置する。間隙 S 1 は例えば $3\ \mu\text{m}$ であり、間隙 S 7 は例えば $25\ \mu\text{m}$ である。突起が近接して配置された領域 H では閾値電圧が高くなり、隣接する突起との間隙が広い領域 F と G では閾値電圧が領域 H の閾値電圧より低くなる。領域 F と G では、1 方向の安定したドメインが形成でき、領域 F と領域 G では配向方位が 180° 異なる。この場合も、領域 F と G の閾値電圧をより小さくする場合には、S 7 は $10\ \mu\text{m}$ 以下にする。

図 6 9 A 及び図 6 9 B は、本実施例の突起パターンの平面形状の例を示す図である。図 6 9 A は、長方形の画素電極 2 1 5 の短辺に平行に突起（土手）が伸びる例であり、図 6 8 A 又は図 6 8 B の断面形状に対応する。図 6 8 A の場合には、突起 2 3 1 A のグループと突起 2 3 1 B のグループの両方が同じ基板に配置され、図 6 8 B の場合には、突起 2 3 1 A のグループが一方の基板に配置され、突起 2 3 1 B のグループが他方の基板に配置される。もし突起 2 3 1 A のグループと突起 2 3 1 B のグループの一方を 1 本の突起（土手）にすれば、図 6 8 C の例に対応する。3 本の突起が近接して設けられた各グループの領域では閾値電圧が高く、グループの間の隣接する突起との間隙が大きな領域では閾値電圧が低くなる。

図 6 9 B は、図 5 7 の例と同様に、長方形の画素電極 2 1 5 の辺に対して 4

5° と -45° の方向に伸びる突起（土手）が画素領域内に存在する例である。一方の基板に近接した平行な3本の突起（土手）231Aと1本の231Cを設け、他方の基板に突起231Bを設ける。3本の突起が近接して設けられた突起231Aのグループの領域では閾値電圧が高く、突起231Aグループと突起231Bの間及び突起231Bと231Cの間の領域では閾値電圧が低くなる。図69Bの突起の平面パターンを、図68A乃至図68Cの断面形状の突起で実現することも可能である。

以上、本実施例の突起パターンの断面形状と平面形状の例を図68A乃至図69Bで説明したが、本実施例の突起パターンの断面形状と平面形状は各種の変形例が可能である。

図70は、図68Bの断面形状で、セル厚を4 μ mに、突起の幅を3 μ mに、突起の高さを1.5 μ mに、S1を3 μ mに、S4を25 μ mに、液晶としてメルク社製のネガ方液晶を使用し、配向膜としてJSR株式会社製の垂直配向膜を使用し、閾値電圧が高い領域（D）の全体に対する面積比を48%とした場合の、V-T特性の実測値を示す。この結果は、図63や図66などのグラフを使用して演算したシミュレーション値を良好な一致を示した。

（実施例6-2）

図71は本実施例6-2のMVA型液晶表示装置の突起（土手）パターンの断面を示す図である。本実施例では、第1の方向に伸びる幅L1の突起（土手）231Aと231Bを両方の基板202と205に大きな間隙S11+S12で交互に設け、第1の方向と垂直な第2の方向に伸びる幅S21の突起232を小さな間隔S22で一方の基板202の突起231Aの両側に設ける。突起231Aと231Bの高さはh1であり、突起232の高さはh2であり、長さはS11である。例えば、セル厚は4 μ mで、L1は10 μ mで、S11は5 μ mで、S12は20 μ mで、h1は1.5 μ mで、h2は0.5 μ mである。

本実施例の装置では、突起232の高さが低いため、突起232が面する領域では、図62Aの突起の間の領域と同じになり、閾値電圧が突起間の領域Iの通常の閾値電圧より低下した。従って、この場合は、通常の閾値電圧の領域とそれより低い閾値電圧の領域によるHT法の動作になる。

これに対して、 h_2 を h_1 と同じ $1.5\mu\text{m}$ にすると、突起232が面する領域の閾値電圧は領域Iの閾値電圧より高くなった。この場合、通常の閾値電圧の領域とそれより他愛閾値電圧の領域によるHT法の動作になる。

なお、 h_2 を突起231Aから離れて先端にいくほど低くなるようにすると、突起232が面する領域の閾値電圧はやや低下した。

以上の実施例では、配向制御用構造物が電極上の誘電体の突起である場合について示したが、誘電体の突起の替わりに図57に示した表示領域内の電極を局所的に除いた電極スリット216を使用することも可能である。

図72は、実施例6-2の変形例を示す図である。この変形例は、図72の実施例6-2の構成において、突起231Aと232で構成される突起の替わりに、TF基板205の画素電極215に、図示のように、電極スリット262と、その電極スリット262の両側に突起232に対応するような形状パターンの微細スリット263を設けた構成である。CF基板202には突起231Bに対応する突起231が設けられる。これにより、実施例6-2と同様の効果が得られる。しかし、構造物による閾値電圧の変化量などは実施例6-2のように電極上に誘電体の突起を設けた場合に比べて小さい。

また、図73に示すように、基板202と205の電極241と242上に設けた誘電体層251と252の一部を液晶層204と反対側に凹んだ窪み252を使用することも可能である。ただし、電極上に誘電体の突起を設けた場合に比べて効果は劣る。

また、本発明は、垂直配向(VA)型、特にマルチドメイン垂直配向(MVA)型に適用すると特に効果的であり、MVA型の液晶表示装置に本発明を適用した実施例を説明したが、構造物を設けた領域の面積比で自在にT-V特性(階調特性)を制御できるという考え方は、あらゆる方式の液晶表示装置に適用可能である。

以上説明したように、本実施の形態によれば、1画素内で閾値の異なる領域を形成することにより自在にT-V特性(階調特性)を制御でき、領域の比率の制限も少なく、容易に任意の比率に設定可能であり、設計値を僅かに変更するだけで所望の特性が得られる。また、このような設定が、製造工程をほとんど増加さ

せることなく実現できる。

本実施の形態によれば、液晶表示装置の視野角特性を改善してC R Tの特性に近づけ、液晶表示装置の応用範囲を広げることが可能になる。